

ADVANCED
EXPERIMENTS

MEHANO

**ELECTRO
PIONEER**

Advanced



**ELECTRO MAGNETIC
EXPERIMENTS**



FRANCAIS

DEUTSCH

ENGLISH

SRPSKI

HRVATSKI

SLOVENSKO

MEHANO

ELECTRO PIONEER

SLOVENSKO	1
HRVATSKI	29
SRPSKI	57
ENGLISH	85
DEUTSCH	113
FRANCAIS	141

ELECTRO PIONEER

153 poskusov s področja elektrike in magnetizma

Deluje z eno baterijo **9V** **IEC 6LR61-9V** (ni priložena)

Izdajatelj in nosilec avtorskih pravic: Mehano, d.o.o. • Polje 9 • SI - 6310 Izola • Slovenija

KAZALO

ELEKTROSTATIKA	3 - 8
MAGNETIZEM	8 - 13
BATERIJE IN ELEMENTI	13 - 19
ELEKTROMAGNETIZEM	19 - 22
ELEKTROMAGNET V TEHNIKI	22 - 25
GENERATORJI IN ELEKTROMOTORJI	25 - 26

PRAVICE IN ODGOVORNOSTI

Vsebina te knjige je zaščitena v skladu z zakoni o avtorskih pravicah. Ničesar iz nje ne smete kopirati, prepisovati, fotokopirati ali prenašati na kakršenkoli medij za shranjevanje informacij brez predhodnega izrecnega pisnega dovoljenja nosilca avtorskih pravic.

Vsi poskusi, opisani v tej knjigi, so skrbno preverjeni in preizkušeni. Ne glede na to, nosilec avtorskih pravic ni odgovoren za nikakršno fizično in/ali materialno škodo, kakor tudi ne za fizične poškodbe, ki bi nastopile pri izdelavi poskusov, navedenih v tej knjigi.

POZDRAVLJENI, MLADI BRALCI IN MLADE BRALKE

Veseli nas, da ste sklenili vstopiti v čudoviti svet elektrotehnike ravno s pomočjo naše knjige. Upamo, da vam bo izdelava poskusov v zabavo. Vsekakor pa to ne bo samo zabava, temveč tudi nabiranje novih znanj, ki bodo drobci temeljnega kamna za tisto, kar se boste o elektrotehniko naučili potem, ko boste knjigo, ki jo držite v roki, temeljito poznali, in jo s svojim znanjem kasneje prerastli.

Nikar se ne bojte poskusov, kajti en sam poskus je vreden več kot mnenja tisočernih strokovnjakov. Zato vse svoje nove zamisli sprti preverite. Če poskus ne bo deloval, ne bodite razočarani. Če boste ugotovili, kaj je narobe, bo tudi negativen izid vaše zamisli postal pozitiven, kajti tudi ob takšnem poskusu se boste učili in zvedeli nekaj novega.

Vsi poskusi, predlagani v tej knjigi, so pripravljene tako, da se ne morete poškodovati ali povzročiti kakšne večje škode, če ne štejemo morebitne manjše praske na prstih. V knjigi je opisana zajetna množica različnih poskusov. Nekateri so tako enostavni, da razlage zanje niti ne potrebujete. Nekateri so zapleteni in morda sploh ne boste razumeli, kako delujejo. Ne obupajte. Morda vam bo naslednjič, ob pozornejšem drugem branju vse jasno. Če pa kakšnega odstavka ne razumete ali pa vas morda ne zanima, ne bo nič hudega, če ga preskočite.

Prav obilica poskusov omogoča, da bo vsakdo našel nekaj zase primerne. Zaradi podrobno opisanega delovanja poskusov boste knjigo morda lahko uporabili kot pripomoček v šoli.

DRAGI STARŠI

S to knjigo tudi sami (znova) vstopate v svet elektrotehnike. Če ste v tem svetu že doma, bodite mlademu raziskovalcu v spodbudo in pomoč. Če je ta svet tudi za vas nov, naj vam nikar ne bo nerodno pridružiti se mlademu in nadebudnemu raziskovalcu. Svet elektrotehnike je poln odkritij, ki čakajo tako na mlade kakor tudi na starejše raziskovalce.

OPOZORILO ZA STARŠE!

PRED UPORABO NAJ OTROK PAZLJIVO PREBERE NAVODILA IN JIH UPOŠTEVA. ZBIRKA JE NAMENJENA OTROKOM OBEH SPOLOV OD 9 LET NAPREJ. IZ VARNOSTNIH RAZLOGOV SO VSI POSKUSI PRIREJENI ZA NAPETOST 9V (9V BATERIJA IEC 6LR61). IZVAJA NAJ SAMO TISTE POSKUSE, KI SO NATANČNO RAZLOŽENI V NAVODILIH. ZAŽELENO JE, DA SE POSKUSI IZVAJAJO V VAŠI PRISOTNOSTI. NAVODILA SHRANITE, KER VSEBUJEJO POMEMBNE INFORMACIJE.

EN71: Magnet

OPOZORILO: Ni primerno za otroke, mlajše od 8 let. Ta izdelek vsebuje majhen magnet z magnetnim pretokom več kot 50 KG2mm. Pogoltnjeni magneti se lahko v črevesju sprimejo in povzročijo resne poškodbe. Ob zaužitju magneta(ov) takoj poiščite zdravniško pomoč.

EN62115:

OPOZORILO: Primerno le za otroke, starejše od 8 let. Navodila za starše so vključena in jih je treba upoštevati. Ta izdelek vsebuje proste žice. Žice ne smete vtikati v vtičnice. Eksperiment 97: Temperatura upora v eksperimentu 97 se lahko čezmerno poveča, vendar navodila ne opozarjajo na mogoče nevarnosti in ne vključujejo opozorila. Med eksperimentom in po njem se ne dotikajte dostopnih vročih površin, kot so površina upora, baterij, navitja in drugih elektronskih komponent. Počakajte, da se vroče površine ohladijo, sicer obstaja nevarnost opeklin. Embalažo shranite, saj vsebuje pomembne informacije.

Ne uporabljajte baterij, ki se polnijo (npr. Ni-Cd baterije). Za napajanje igrače se lahko uporabljajo izključno samo baterije istega ali ekvivalentnega tipa, kakor so predpisane. Priporočamo uporabo alkalnih baterij. Baterije morajo biti vstavljene s pravilno polariteto. Zamenjajte vse baterije, ne mešajte starih in novih baterij, kakor tudi ne različne tipe baterij (npr. alkalne in cink karbonske). Baterije mora zamenjati odrasla oseba. Izrabljenih baterij ne puščajte v ležišču igrače. Če igrače ne nameravate uporabljati dlje časa, odstranite baterije. Baterij ne postavljajte v dotik s kovinskimi deli, kjer obstaja možnost, da pride do požara ali eksplozije. Nikoli ne poskušajte polniti baterij, ki niso namenjene za polnjenje. Baterije, ki so namenjen za polnjenje morajo biti odstranjene iz igrače (če so odstranljive) pred pričetkom polnjenja. Baterije, ki so namenjen za polnjenje se lahko polnijo (če so odstranljive) samo pod nadzorstvom odrasle osebe. Baterij ne mečite v ogenj. Iztrošene baterije odvrzite v za to namenjene zabojnike. Napajalnih priključkov ni dovoljeno kratkostičiti. Barva izolacije električnih vodikov se lahko razlikuje od barve prikazane na slikah v navodilih.

UVOD!

V tej zbirki je opisanih 153 poskusov in teoretičnih opisov. Za njihovo izvedbo vsebuje zbirka vse potrebne sestavne dele z izjemo tistih delov, ki niso priloženi in se jih dobi v vsakem gospodinjstvu.

Ti deli so:

listi iz beležnice, koščki papirja, glavnik, lesen svinčnik, kozarec vode, bucika, kazalec iz papirja, staniol/alu-folija, bombažna nit, žebelj, vžigalice, lepenka, šivanka, pločevinasta posoda (konzerva), kosi stiropora (ali bezeg), pletilna igla (železna), sveča, žepni nož, zemljevid Evrope, leseno ravniko, knjiga, kladivo, posoda za vodo, plutovinasti čepi, lesena deščica, žica (železna), sol kuhinjska, pesek, mine za tehnične svinčnike \varnothing 0,5mm in več ali slikarsko oglje (ali ogljeni palčici iz baterije), pločevina 40x5mm, gumica (elastika), čepna ura, pila, vrstica, lonček za jogurt, kovanec.

Zbirka je namenjena otrokom obeh spolov od 9 let naprej. Primerna je tako za posamično kot tudi za skupinsko delo ter se lahko uspešno uporablja na osnovnih šolah, čeprav je prirejena za izvenšolske aktivnosti.

To zbirko uporabljajo tudi šole v svojih aktivnostih izven pouka. Zaradi tega je opisanih tudi nekaj poskusov, za katere je potrebno kupiti ali sposoditi nekoliko več pribora in sicer:

- št. 35 žarnica 12V/0,05A navoj E10 (1 kos za poskus št. 87, 2 kos za poskuse št. 89 in št. 90)
- št. 14 Stojalo za žarnico E10H1 (1 kos za poskus št. 87, 2 kos za poskuse št. 89 in št. 90)
- št. 33 Priključek za baterijo 9V (1 kos za poskuse št. 91, št. 110 in št. 140, 2 kos za poskus št. 92)

SPLOŠNA NAVODILA

Vsi deli v zbirki so navedeni, oštevilčeni in narisani na zadnji strani.

Pred pričetkom izvajanja si moraš priskrbeti baterijo napetosti 9V (IEC 6LR61).

Pri vsakem poskusu so z ustreznimi številkami navedeni vsi sestavni deli zbirke, ki so potrebni za izvedbo poskusa in sicer v istem zaporedju, kot se uporabljajo. Koristno je, če navedene dele poiščeš v zbirki, jih razvrstiš na mizi v nakazanem zaporedju in šele nato začneš izvajati opisane poskuse. Po opravljenem poskusu vrneš sestavne dele spet na njihova mesta.

KAKO NAJ SE LOTIŠ POSKUSOV

Vsak poskus je označen z zaporedno številko. Čeprav ni nujno, da opravljaš poskuse po označenem vrstnem redu, je le boljše, da se ga držiš. Potek poskusov bomo predstavili ob primeru električnega zvonca, opisanega pod zaporedno številko 130/131. V tekstu so potrebni deli označeni s številkami, da lahko sestaviš zvonec. Slike in nazive teh delov lahko najdeš na strani 27 tega navodila v seznamu sestavnih delov. V tvojem primeru so to številke: 5-6-7-8-11-12-13-16-17-25-28-31-33 itd. Po teh številkah boš pripravil (-a) in razvrstil (-a) sledeče dele:

4 x 7 = vzmetna sponka	12 = os z navojem	3 x 28 = kotnik 25 x 25 mm
8 = plastični podstavek	13 = zvonec	31 = kladivce
6 x 5 = vijak	16 = železno jedro	33 = spojna žica
13 x 6 = matica	17 = oklep jedra	
11 = tuljava	25 = vijak	

- 2 x 5 - pomeni, da potrebuješ 2 sestavna dela št. 5
- (20) - številka v oklepaju pomeni, da potrebuješ enake dele kot pri poskusu št. 20.
- list iz beležnice, glavnik - pomeni, da ti deli niso priloženi in jih dobimo v vsakem gospodinjstvu.

Primer: Z vijakom in matico pritrdiš kotnik na plastični podstavek. Nato pričvrstiš železno jedro z oklepom in na jedro nasadiš tuljavo itd. Vse sestavne dele moraš pritrditi natančno in čvrsto. Če posamezni poskusi ne bi začeli takoj pravilno delovati, je treba pomanjkljivosti odpraviti. Najbolje je, če poskuse s področja elektrostatike delaš ob suhem vremenu, zlasti pozimi, in s suhimi rokami.

Želimo ti veliko uspeha pri eksperimentiranju...

ELEKTROSTATIKA

1. ELEKTRIKA IZ PAPIRJA.

Iz beležnice iztrgaj list papirja ter ga dobro posuši na peči ali na štedilniku. Nato ga položi na beležnico ter z roko krepko potegni čezenj (slika 1). Dvigni papir z levo roko ter mu s spodnje strani približaj členek desne roke. Iz papirja bo na roko preskočila električna iskra.

Pripomoček: list iz beležnice

Fig. 1

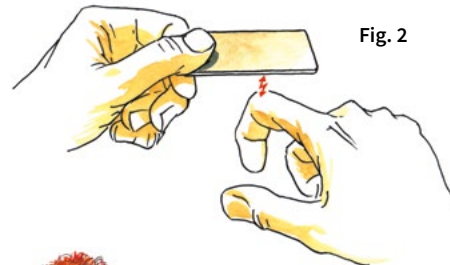


2. ELEKTRIČNA ISKRA - GROM.

Plastično ploščico položi na rob mize ter jo nadrgni s suho roko ali s časopisnim papirjem. Nato ploščico dvigni ter ji približaj členek prsta (slika 2). Električno iskra, ki preskoči s ploščice na prst, slišimo, čutimo in jo v mraku tudi vidimo. Iskra, ki smo jo izvlekli iz papirja in plastike, se v bistvu ne razlikuje od bliska in groma. Razlika je v tem, da gre pri naših poskusih le za majhne, pri streli pa za ogromne količine elektrike.

Pripomoček: 26

Fig. 2



3. ELEKTRIKA IZ VOLNE.

Če hodiš dalj časa v čevljih z gumijastimi podplati po volneni ali svileni preprogi, se bo tvoje telo naelektrilo. Če se nato dotakneš vodovodne cevi ali kakega drugega kovinskega predmeta, ki je povezan z zemljo, se med tvojim telesom in predmetom pojavi električna iskra.

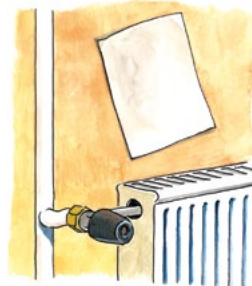
Tudi glavnik se pri česanju naelektri, prav tako lasje. Enako se zgodi z mačjim krznom, če ga gladiš z roko, in enak pojav opaziš pri slačenju spodnjega perila iz plastične snovi. Vse to nam povzroča skrbi, kot nam jih povzročajo iskre, ki nastanejo na bencinskih črpalkah zaradi trenja bencina ob cev, ali na letalih, kjer se pojavljajo električni naboji zaradi trenja ob zrak. Mnogo neprijetnosti povzročajo električne iskre v tovarnah papirja in gume ter v podjetjih, kjer se prenaša energija z gumijastimi ali usnjenimi transmisijami. Zaradi električne iskre se je ponesrečil cepelin Hindenburg.

Pripomoček: glavnik

Fig. 3



Fig. 4



4. ELEKTROSTATIČNO "LEPILO".

Pozimi, ko v sobi kurite, ogrej na peči večji list časopisa, ga položi na zid ter ga z roko drgni. List se bo prilepil na zid kjer bo nekaj časa tako ostal. Z drgnjenjem lista si zbudil(-a) v papirju elektriko, zaradi česar se je list prilepil na zid.

Pripomoček: list časopisa

5. ELEKTRIČNA PAJČEVINA.

List papirja ogrej na plošči štedilnika ali na peči. Nato ga položi na beležnico ter z roko krepko potegni čezenj, kakor si to storil(-a) v poskusu št. 1. Nato list dvigni ter ga približaj licu (slika 5). Pri tem imaš občutek, kakor da bi se z licem dotaknil(-a) pajčevine. Z drgnjenjem se pojavi v papirju elektrika, ki dvigne dlačice na naši koži, in se jo zato občuti kot pajčevino.

Pripomoček: list iz beležnice

Fig. 5



6. NAELEKTRENA TELESATA PRIVLAČIJO.

Dva šestoglasta navadna lesena svinčnika položi enega na drugega, nato približaj zgornjemu plastično ploščico, ki si jo poprej potegnil(-a) čez prste suhe roke ali jo drgnil(-a) s časopisnim papirjem. Namesto svinčnika lahko položiš na svinčnik ravnilo ali kateri drug predmet. Vse te predmete bo naelektrena ploščica privlekla.

Stari Grki so že 600 let pred našim štetjem opazili, da jantar (grško: elektron) privlači lahke predmete, če jih nadrgnemo z roko ali tkanino. Od tod naziv elektrika. Namesto dragega jantarra uporabljamo plastično ploščico. Naelektri se tudi papir, če se ga dobro posuši in drgne. V poznejših poskusih se boš naučil(-a), da se z drgnjenjem naelektrijo vsa telesa, ki jih drgnemo, pa tudi tista, s katerimi drgnemo.

Pripomočki: 26, 2 svinčnika.

Fig. 6

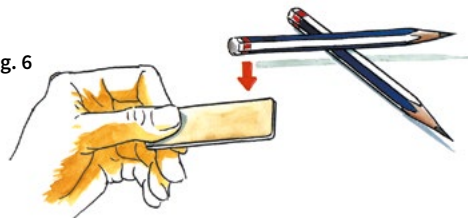
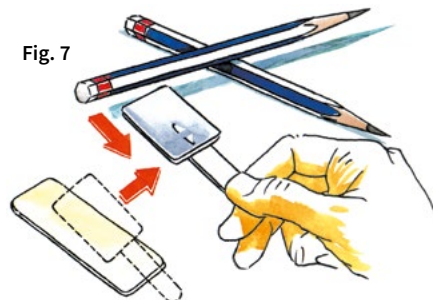


Fig. 7



7. TUDI KOVINE SE LAHKO NAELEKTRIRJO.

Dva šestoglasta navadna lesena svinčnika položi enega na drugega kakor v prejšnjem poskusu. Približaj zgornjemu svinčniku kovinsko ploščico s plastičnim ročajem, s katero si predhodno drgnil(-a) po plastični ploščici, tako da si držal(-a) ploščico za plastični ročaj (slika 7). Naelektrena kovinska ploščica privlači svinčnik. Ugotovil(-a) si lahko, da z drgnjenjem naelektrimo tudi kovine.

Pozneje se boš poučil(-a), zakaj je kovinska ploščica pritrjena na plastični ročaj.

Pripomočki: 26, 27, 2 svinčnika.

8. NAELEKTRENA TELESA ODBIJAJO DRUGA TELESA.

Položi dva navadna lesena svinčnika na plastični podstavek, kakor kaže slika 8. Približaj naelektreno kovinsko ploščico zgornjemu svinčniku. Ploščica privlači svinčnik. Če ploščico ponovno naelektriš, bo svinčnik odbila. Pri vseh dosedanjih poskusih si opazil(-a), da naelektrena telesa privlačijo druga telesa, a sedaj si opazil(-a), da jih v nekaterih primerih odbijajo.

Pripomočki: 8, 26, 27, 2 svinčnika.

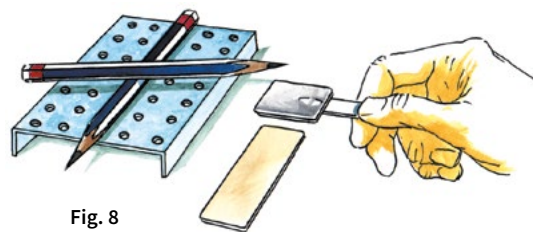


Fig. 8

9. NAELEKTRENO TELO V BLIŽINI VODNEGA CURKA.

Naelektreno plastično ploščico približaj tankemu vodnemu curku (slika 9). Ploščica privlači vodni curek in ga razprši.

Pripomočka: 26, kozarec vode.

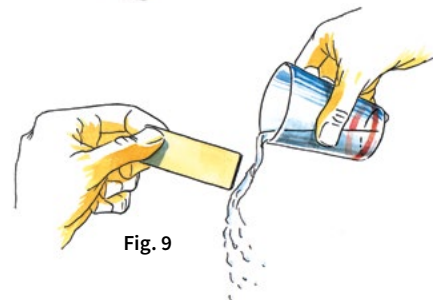


Fig. 9

10. KDAJ SE NAELEKTRENA TELESA PRIVLAČIJO IN KDAJ ODBIJAJO.

Pri tem zanimivem poskusu je treba opraviti delo po naslednjem zaporedju.

1. Kovinsko ploščico drgni po plastični podlogi.
2. Naelektreno polivinilsko ploščico položi na aluminjast zvonec, tako da se na njem lahko obrača.
3. Plastični ploščici približaj naelektreno kovinsko ploščico (slika 10). Ploščici se privlačita.
4. Ročaj kovinske ploščice potegni skozi prste suhe roke ali ga drgni s papirjem ter ga nato približaj plastični ploščici. Ploščici se odbijata.

Ta poskus ti pokaže, da so električni naboji lahko različni. Lahko se privlačijo ali pa odbijajo.

Pripomočki: 13, 26, 27.

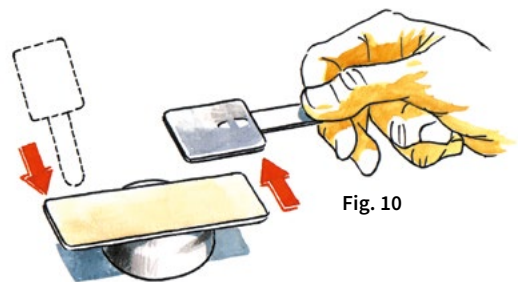


Fig. 10

11. PREPROST ELEKTROSKOP.

Slika 11 ti kaže, kako sestaviš posamezne dele. Na podstavku iz plastične snovi je pritrjeno železno stojalo z lahkim papirnatim kazalcem, narejenim iz koščka papirja 140 x 12 mm, tako da je po vsej dolžini prepognjen na pol. Za os služi bucika, s katero je kazalec preboden nekoliko nad težiščem. Elektroskop je pravilen, ko visi kazalec navpično ter se v primeru, če se premakne s tega položaja, rahlo guga.

Pripomočki: 3 x 5, 3 x 6, 8, 20, 2 x 28, 29, bucika, kazalec.

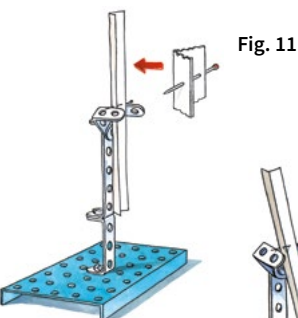


Fig. 11

12. NAELEKTRENA PLASTIČNA PLOŠČICA PRIVLAČI KAZALEC ELEKTROSKOPA.

Plastično ploščico povleči med prsti suhe roke ali drgni s papirjem ter jo nato približaj kazalcu elektroskopa (slika 12). Ploščica privlači kazalec.

Napravi podoben poskus z glavnikom, s kosom stekla ali pečatnega voska, ki jih drgneš ob obleko. Vsa navedena in mnoga druga telesa privlačijo kazalec elektroskopa, če jih drgnemo, ker postanejo naelektrena.

Pripomočka: (11), 26.

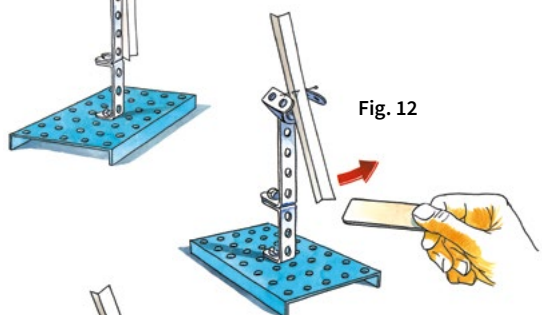


Fig. 12

13. NAELEKTRENA KOVINSKA PLOŠČICA PRIVLAČI KAZALEC ELEKTROSKOPA.

Ponovi poskus št. 12, pri čemer plastične ploščice ne drgni z roko, temveč s kovinsko ploščico, ki jo držiš za ročaj. Če približaš ploščico kazalcu elektroskopa, ta privlači kazalec. Okrog kovinske ploščice ovij kos papirja ali tkanine ter s tem drgni plastično ploščico. Papir, tkanina in druga telesa, s katerimi drgneš, postanejo naelektrena.

Iz navedenih poskusov spoznaš, da postanejo naelektrena tako telesa, ki jih drgnemo, kakor telesa, s katerimi drgnemo.

Pripomočki: (11), 26, 27, košček papirja in tkanine.

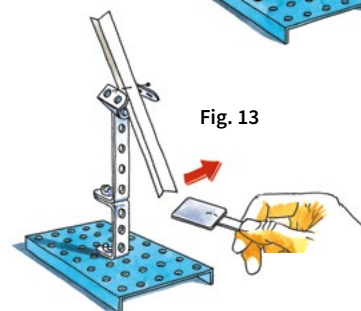


Fig. 13

14. POLNJENJE ELEKTROSKOPA.

Na rob mize položi plastično ploščico, čeznjo narahlo potegni kovinsko ploščico, nakar se dotakni stojala elektroskopa (slika 14).

Kazalec se odkloni in ostane v takim položaju. Če še nekočkrat ponoviš poskus, se bo kazalec vse bolj odklanjal. Električni naboj raste.

Pripomočki: (11), 26, 27.

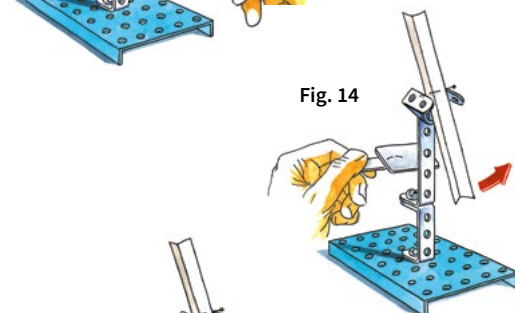


Fig. 14

15. PRAZNJENJE ELEKTRIČNEGA NABOJA.

S prstom se dotakni kovinskega stojala napolnjenega elektroskopa (slika 15). Kazalec se prikloni. Elektroni so odšli skozi naše telo v zemljo, ali morda tudi obratno.

Pri prejšnjih poskusih si opazil(-a), da postanejo telesa naelektrena, če z njimi drgneš plastiko. Ali se tvoja roka tudi naelektri?

Pripomoček: (11).

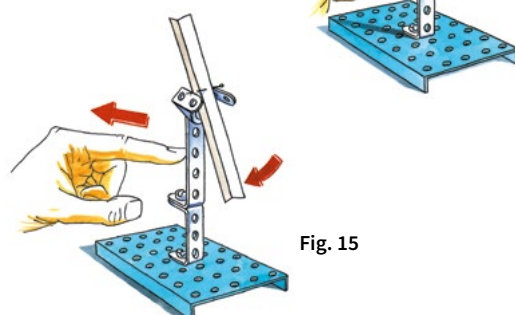


Fig. 15

16. POSTOPNO POLNJENJE ELEKTROSKOPA.

I) plastično ploščico položimo na stol i trljamo suhom rukom ili papirom;
II) na plastično ploščico položimo metalnu ploščico koju držimo za polivinilski držak;
III) prije nego što metalnu ploščico podignemo, dodirujemo je prstom;
IV) metalnom ploščicom dodirujemo stalak elektroskopa.
Kazaljka će se pomaknuti. Ponovimo pokus nekoliko puta i to samo II), III) i IV). Kazaljka će se sve više i više pomicati, što dokazuje da električni naboj raste.
Plastična i metalna ploščica čine aparat koji se zove elektrofor.
Pribor: (11), 26, 27

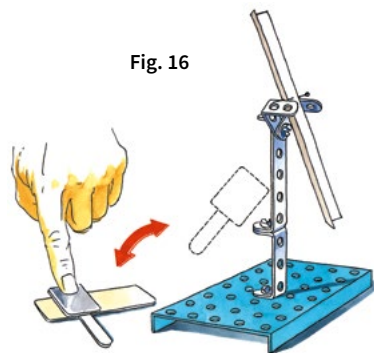


Fig. 16

17. POSTOPNO PRAZNJENJE ELEKTROSKOPA.

S pomoćjo elektrofora napolni elektroskop, kakor si se naučil(-a) v prejšnjem poskusu. Napolnjenega elektroskopa se dotakni s kovinsko ploščico. Kazalec bo nekoliko padel. Nato se dotakni s kovinsko ploščico svojega telesa in potem zopet elektroskopa itd. Kazalec bo vedno bolj padal.
Pripomočki: (11), 26, 27.

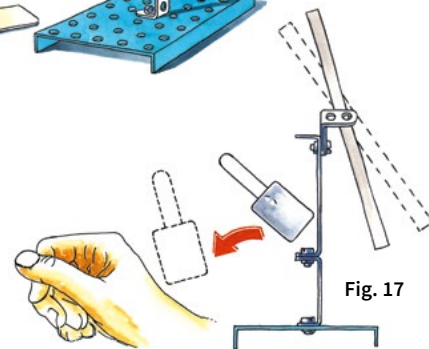


Fig. 17

18. PREVODNIKI IN IZOLATORJI.

Z elektroforjem (poskus št. 16) napolni elektroskop ter se nato dotakni stojala elektroskopa z ročajem kovinske ploščice, s svinčnikom, papirjem, z bakreno ploščico in ostalimi deli naše zbirke.
Kaj opaziš? Pri dotiku s plastično ploščico, suhim steklom, porcelanom, pečatnim voskom, parafinom itd. se kazalec ne premakne. Navedena telesa so izolatorji. Nasprotno pa so kovine zelo dobri prevodniki elektrike. Dobri prevodniki so tudi naše telo, svinčnik, vlažen papir itd.
Pripomočki: (11), 24, 26, 27, razni predmeti.

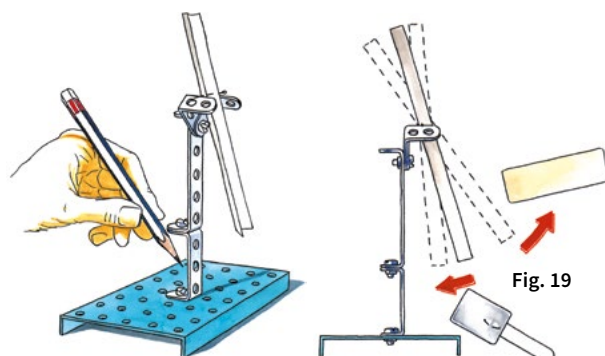


Fig. 18

Fig. 19

19. POZITIVNA IN NEGATIVNA ELEKTRIČNA TELES.

Napolni elektroskop z elektroforom. Kazalcu napolnjenega elektroskopa približaj kovinsko ploščico, s katero si napolnil(-a) elektroskop (slika 19). Kazalec beži. če približaš kazalcu plastično ploščico, ploščica kazalec privlači.
Ugotoviš torej, da so telesa lahko različno naelektrena. V tvojem primeru je bila kovinska ploščica pozitivno naelektrena, prav tako napolnjeni elektroskop, medtem ko je bila plastična ploščica negativno naelektrena. Istoimenska električna telesa se odbijajo, raznoimenska se privlačujejo.
Pripomočki: (11), 26, 27.

20. ELEKTRIČNO NIHALO.

Zelo poučni so lahko poskusi z električnim nihalom, ki je sestavljeno iz kroglice bezgovega stržena ali stiroporja (1), bombažne niti (2), pokončne paličice (3), kolena (4) in vodoravne paličice (5).

če v bližini ni bezga ali stiroporja, napravi namesto kroglice iz bezgovega stržena majhen lonček iz staniola ali alu-folije. Listič staniola velikosti 5 x 3 cm ovij okrog svinčnika, z ene strani ga stisni in priveži na bombažno nit. Paličice izdelaj iz pisarniškega papirja, dolžina paličice naj bo približno 90 mm, za izdelavo ene paličice potrebuješ papir mer 90 x 100 mm. Vsak kos posebej namaži z lepilom ter ga narahlo ovij okrog železne paličice, ki je v zbirki. Tako nastalo paličico zavaruj, da se ne odvijne (lepilni trak, elastika) in snemi z železne paličice, preden se posuši. Z navojno osjo pritrudi pokončno papirnato paličico na podstavek iz plastične mase. Koleno oblikuj iz žice ali žeblja ustrežne debeline.

Pripomočki: 2 x 6, 8, 9, 12, papir, staniol ali alu-folija, bombažna nit, žica.

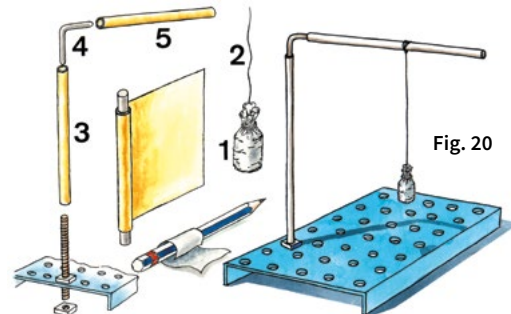


Fig. 20

21. POSKUSI Z ELEKTRIČNIM NIHALOM.

1. Električnemu nihalu približaj naelektreno plastično ploščico. Ta privlači kroglico nihala, vendar jo takoj nato odbije in s ploščico je ne moremo več ujeti.

2. Z roko se dotakni kroglice nihala ter ji nato približaj naelektreno kovinsko ploščico. Naelektrena kovinska ploščica kroglico privlači, a jo nato takoj krepko odbije.

Kako pojasniti te pojave?

Plastična ploščica ima negativni naboj, zato privlači kroglico in s tem tudi ona pridobi negativen naboj ter jo zaradi tega odbije. Kovinska ploščica ima pozitiven naboj. Zaradi dotika se tudi kroglica pozitivno naelektri in se mora zaradi tega odbiti.

Iz navedenega ugotoviš, da se telesa z enakim električnim nabojem odbijajo.

Pripomočki: (20), 26, 27.

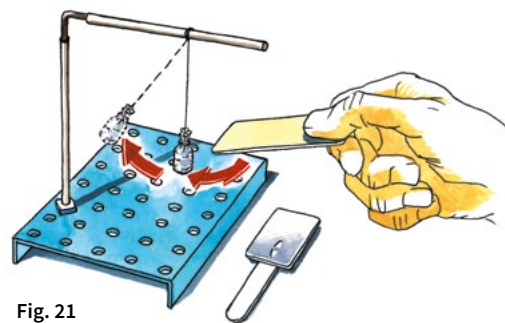


Fig. 21

22. TELES Z RAZLIČNIM ELEKTRIČNIM NABOJEM SE PRIVLAČIJO.

Za ta poskus potrebuješ dve nihali. Podstavek prvega je plastičen, drugega pa aluminijev zvonec. Nihali razmakni in ju nato naelektri, eno pozitivno, drugo negativno. Ko nihali približuješ, opaziš, da se kroglici privlačita. če se dotakneta, se naboji uravnesijo. Iz navedenega sledita dva zaključka.

1. Telesa z različnimi naboji se privlačijo.

2. Pozitivni in negativni naboji enakih jakosti se uravnesijo.

Pripomočki: (20), 6, 13, 25, 26, 27, papir, staniol ali alu-folija, bombažna nit.

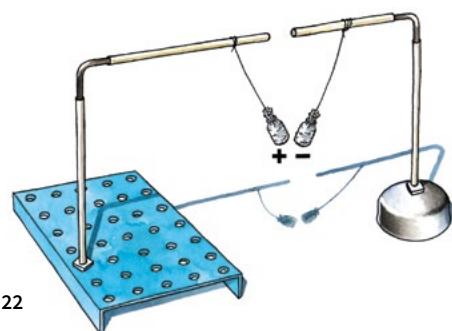


Fig. 22

23. ELEKTROSKOP Z LISTIČI.

Za nadaljnje poskuse s statično elektriko potrebuješ občutljivejši instrument. To je elektroskop z lističi. Naredil(-a) ga boš sam(-a) po naslednjem zaporedju:

1. Z vijakom in matico pritrdi na sredo plastičnega podstavka dvakrat upognjeni trak 60 x 12 mm.
2. Z vijakom in matico pričvrsti na vrh traku aluminijev zvonec tako, da štrli iz njega še 10 mm vijaka. Na vijak nasadi staniolno cev ali (cev iz Al folije), dolgo 9 cm. Izdelava cevi je opisana v poskusu št. 20. Na vrhu cevi pritrdi dva nosilca (b), izdelana iz gole bakrene žice premera 0,3 mm ali iz žice iz konstantana premera 0,2 mm. Nosilec je pravokotnik, dolg 10 in širok 5 mm, izdelan tako, da nastane zaviti držaj za pritrnitev v cev. Lističa elektroskopa morata biti izdelana iz tankega papirja velikosti 8 x 70 mm. Pritrjena sta na držaja, kakor vidiš na sliki 23 desno. Puščica kaže, kje je papir zalepljen.

Pripomočki: 5, 2 x 6, 8, 13, 20, 25, 36, papir, alu-folija.

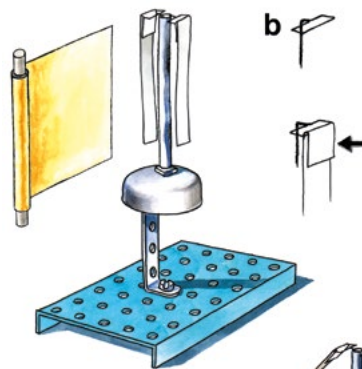


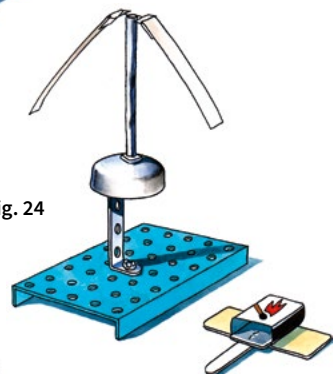
Fig. 23

24. ELEKTRIKA IZ ŠKATLICE ZA VŽIGALICE.

Ovoj škatlice za vžigalice natakni na kovinsko ploščico. Z njim drgni plastično ploščico, nakar ga približaj elektroskopu (slika 24). Lističa se razkleneta, če se dotakneš elektroskopa s prstom, se lističa skleneta. Ovij kovinsko ploščico po vrsti s papirjem, s tekstilom, krznom itd. ter poskusi naelektriti ta telesa z drgnjenjem ob plastično ploščico. Poskusi naelektriti steklo z drgnjenjem s svilo ali z volno.

Pripomočki: (23), 26, 27, ovoj škatlice za vžigalice.

Fig. 24



25. KAPACITETA.

Konec ročaja kovinske ploščice ovij s staniolom, ali Al folijo (glej detajl "a"), tako da dobiš na istem izoliranem ročaju dve kovinski ploščici, veliko in malo (slika 25).

Elektroskop napolni do popolnega odklona (kako to storiš, je opisano v poskusu št. 16). Dotakni se elektroskopa z malo kovinsko ploščico. Kot med lističema se je zmanjšal. Nato se z isto ploščico dotakni svojega telesa in potem zopet elektroskopa. To ponavljaj, dokler se lističa popolnoma ne skleneta.

Elektroskop ponovno napolni in ga zatem na podoben način izprazni z veliko kovinsko ploščico.

Katera ploščica ima večjo kapaciteto?

Pripomočki: (23), 26, 27, staniol ali (Al folija).

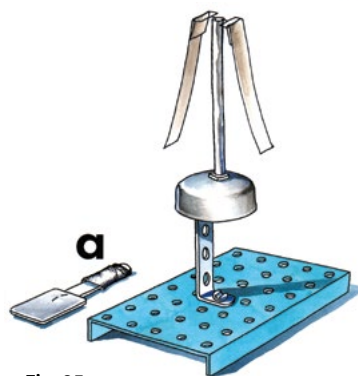


Fig. 25

26. IONIZACIJA ZRAKA.

1. Elektroskop napolni do popolnega odklona lističev, nato ugotovi, koliko časa ostaneta lističa razklenjena. Pri suhem vremenu, zlasti pozimi, bosta ostala lističa razklenjena nekaj ur, kar dokazuje, da je zrak dober izolator. Ob vlažnem vremenu se bosta lističa kmalu vrnila v svoj prvotni položaj.

2. Elektroskop znova napolni ter mu nato približaj (previdno, da se lističa ne vžgata) gorečo vžigalico. Lističa se takoj skleneta. Molekule zraka se začno pod vplivom plamena tako hitro gibati, da se medsebojno ionizirajo, kar pomeni, da ena drugi odvzema ali dodaja elektrone. Zrak se ionizira, ionizirani zrak pa, kot si že spoznal, ni dober izolator, zato strela rada udari v ogenj.

Pripomočki: (23), 26, 27, vžigalice.

Fig. 26



27. ELEKTRIČNO POLJE.

Iz lepenke srednje debeline izreži ploščico take velikosti, kot je plastična ploščica v naši zbirki.

Položi lepenko na rob mize in čez njo plastično ploščico. Plastično ploščico drgni s papirjem ali suho roko in ga nato dvigni.

Kaj opaziš?

Obenem s plastično ploščico si dvignil(-a) tudi lepenko, čeprav je precej težka.

Plastična ploščica je dobila zaradi drgnjenja negativen naboj, medtem ko je na lepenki zaradi bližine negativnega naboja nastal pozitiven naboj, a pozitivno in negativno se privlači. Privlačnost je lahko precejšnja, kar opaziš pri razmiku obeh ploščic (slika 27). Med ploščicama obstaja električno polje.

Pripomočka: 26, ploščica iz lepenke.

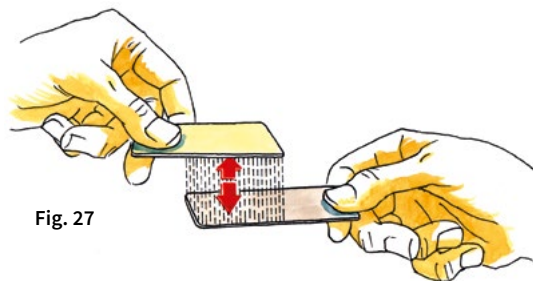


Fig. 27

28. ELEKTRIČNE SILNICE.

Na rob mize položi ploščico lepenke, pod njo pa daljšo nit. Na lepenko položi plastično ploščico ter ga drgni z roko ali s papirjem.

Z eno roko zadrži lepenko na mizi, z drugo roko pa dvigni plastično ploščico 6 - 8 mm visoko. Pri tem čutiš odpor. Konca niti se dvigneta v smeri plastične ploščice. V električnem polju med ploščicama so nevidne električne silnice, v njihovi smeri se vzdigujeta konca niti.

Pripomočki: 26, ploščica iz lepenke, nit.



Fig. 28

29. KONDENZATOR.

Na rob mize položi naelektreno plastično ploščico in nanjo postavi elektroskop. Lističa se ne bosta odklonila, čeprav je ploščica naelektrena. Zakaj? Plastična ploščica je negativno naelektrena. Miza v neposredni bližini ima pozitiven naboj, ki je vezan na negativni naboj ploščice. Ko dvigneš plastično ploščico obenem z elektroskopom

8 - 9 cm nad mizo, se zmanjša pozitiven naboj, negativni prevlada in lističa elektroskopa se razmakneta. Pozitivno naelektrena miza in negativno naelektrena plastična ploščica sestavljata kondenzator. Kondenzator je omenjen tudi pri poskuih 27 in 28.

Pripomočki: (23), 26, 27.

30. DOLOČANJE POLOV S POMOČJO BRLIVKE.

Negativno naelektrenemu elektroskopu približaj brlivko (ni priložena) do dotika. Lističa elektroskopa se skleneta in na eni od elektrod brlivke se prikaže luč. Če naelekririmo elektroskop pozitivno, se prikaže luč na drugi brlivkini elektrodi.

Brlivko uporabljamo v aparatih za preskušanje mrežne napetosti. Če se dotaknemo z brlivko električnega omrežja, se prikaže luč na obeh elektrodah, ker je v omrežju izmenični tok. Opomba: preizkus opravi v dovolj temnem prostoru.

Pripomočki: (23), 26, 27, brlivka (ni priložena).

31 DELOVANJE KONICE.

Iglo ali košček žice postavi na elektroskop in njeni konici približaj (ne da bi se je dotaknil (-a)) pozitivno naelektreno kovinsko ploščico. Lističa elektroskopa se odklonita, čeprav se elektroskopa niso dotaknil(-a). Odmakni ploščico in približaj konici igle (ne da bi se je dotaknil(-a)) konico druge igle, ali žičke, ki jo držiš v roki. Elektroskop se postopoma prazni. Očividno je, da prehajajo elektroni s posredovanjem konice z enega telesa na drugo. Konice rešujejo v tehniki mnoge težave. V papirnicah se s posredovanjem konic odvaja v zemljo statična elektrika, ki nastaja zaradi trenja papirja ter povzroča, da se papir "lepi." pomočjo konic se odstranjuje elektrika iz transmisij. Konice uporabljamo pri zaščiti hiš pred strelo.

Pripomočki: (23), 26, 27, igla.

32. STRELOVOD.

Strelovod je sestavljen iz železne palice, na kateri je konica. Od konice vodi k zemlji debela bakrena žica ali trak iz pocinkane pločevine, ki se konča v zemlji na večji kovinski mreži. Če se približa hiši oblak, poln elektrike, se po indukciji naelektri tudi hiša. Če je oblak pozitiven, je hiša negativna, in obratno. Med hišo in oblakom nastane močno električno polje (kondenzator). Zaradi delovanja konice preidejo elektroni iz oblaka v strelovod in nasprotno. S tem se uravnoteži naboj in obenem nevarnost, da bi udarila strela, če pa strela navzlic temu udari, udari v strelovod, ne pa v hišo. Na večjih hišah je več konic.

33. FARADAYEVA KLETKA.

Med pravljicami najdemo zgodbo o kralju iz daljnje dežele, ki so mu rojenice ob hčerkinem rojstvu prerokovale, da bo hčerka umrla na svoj 16. rojstni dan. Da bi preprečil uresničitev prerokbe in da bi pred njo obvaroval hčerko, je dal kralj zgraditi utrjeni grad, v katerem je princesa varno prebivala. Toda prav na njen 16. rojstni dan se je nebo pooblačilo, začelo je grmeti in se bliskati. Z močnim treskom je udarila strela v grad in ubila princeso. Kako lahko danes zavarujemo hiše pred strelo? Lahko jih zavarujemo s strelovodom, toda še varnejša je Faradayeva kletka.

Naslednji poskus ti bo pojasnil, kako taka kletka deluje. Na podstavek iz plastične snovi postavi manjšo pločevinasto posodo (staro konzervno škatlo ali aluminijev lonček). Na notranji in zunanji strani prilepi nekaj lističev tankega papirja (slika 33 kaže samo dva). Dotakni se posode (kletke) z naelektreno kovinsko ploščico. Listič na zunanji strani kletke se odkloni, medtem ko na notranji strani miruje. Če še tolikokrat naelektriš posodo, se bo naboj širil samo na zunanji strani, medtem ko ostane notranjost nenaelektrena, nevtralna. To bi se zgodilo tudi v primeru, če bi posodo na več mestih preluknjal(-a) ali če bi namesto pločevinaste posode vzel(-a) posodo iz žičnega pletenja. Če oviješ s takim pletenjem hišo, ji strela ne bo mogla škodovati.

Faradayevo kletko uporabljajo zlasti za zaščito skladišč streliva.

Pripomočki: 8, 26, 27, pločevinasta posoda, papir.

34. ŠE NEKAJ POSKUSOV.

Iz bezgovega stržena ali kosa stiroporja izreži z britvico nekaj kroglic. Kroglicam na mizi približaj naelektreno ploščico. Kroglice živahno poskakujejo med ploščico in mizo. Namesto kroglic lahko narediš tudi valjčke iz tankega papirja.

Pripomočki: 26, 27, papir, bezeg, stiropor.

Fig. 29

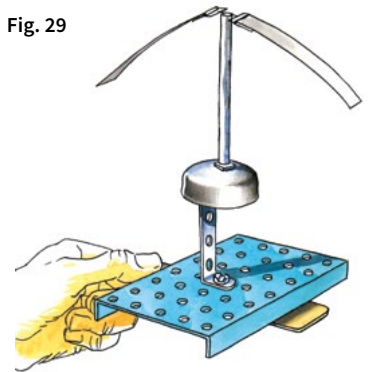


Fig. 30



Fig. 31

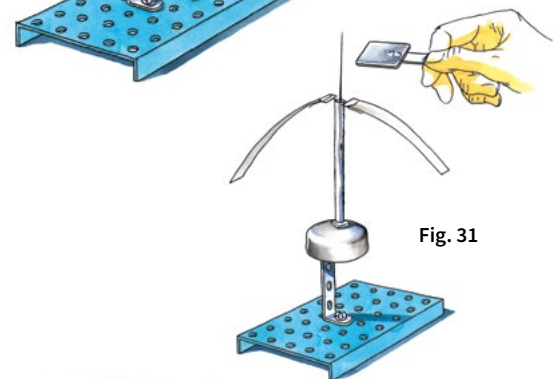


Fig. 32

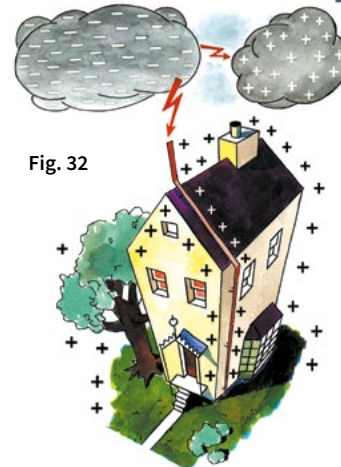


Fig. 33

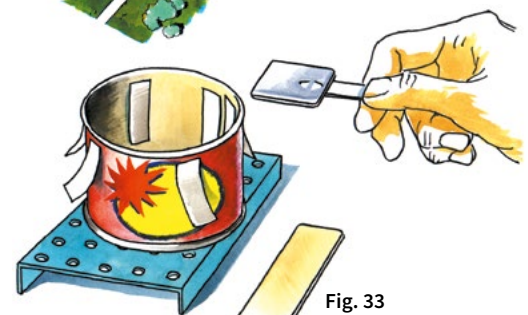


Fig. 34

35. MOLEKULE, ATOMI, ELEKTRONI.

Vsa narava je zgrajena iz različnih snovi. Element je čista snov, ki jo s kemijsko reakcijo ne moremo razgraditi v enostavnejše snovi. Elementi so sestavljeni iz atomov, ti so pa povezani v molekule. Danes pozna znanost 109 elementov, od tega 92 elementov dostopnih v naravi ostali so umetno ustvarjeni z jedrskimi reakcijami. Čeprav so atomi posameznih elementov zelo različni, imata njihova sestava in velikost nekaj skupnih značilnosti.

Vsak atom ima v svojem središču gosto in težko jedro, okrog katerega se neprenehoma vrti več ali manj lahkih elektronov. Najenostavnejši je atom vodika (slika 35 levo). Ta se sestoji iz majhnega jedra (J), okrog katerega se vrti samo en elektron (e), podobno kakor se mesec vrti okrog zemlje. Drugi po vrsti je element helij (slika 35 v sredi). Atom helija se sestoji iz nekoliko večjega jedra, okrog katerega krožita dva elektrona. Jedro litija je še večje, okrog njega krožijo 3 elektroni. Okrog jedra železa, ki je znatno večje in težje od jedra litija, kroži 26 elektronov. Okrog jedra zlata jih kroži 79, okrog jedra svinca 82, okrog jedra urana pa v raznih razdaljah kroži 92 elektronov. Elektroni so v atomih vezani na jedro, podobno kakor je mesec vezan na zemljo in zemlja na sonce. Pri nekaterih telesih lahko za določen čas odvezamo nekaj elektronov, tako da nastane v njih primanjkljaj. Taka telesa so naelektrana pozitivno, medtem ko so tista, ki imajo višek elektronov, negativno.

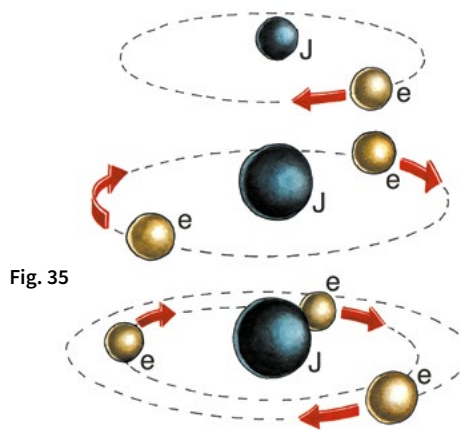


Fig. 35

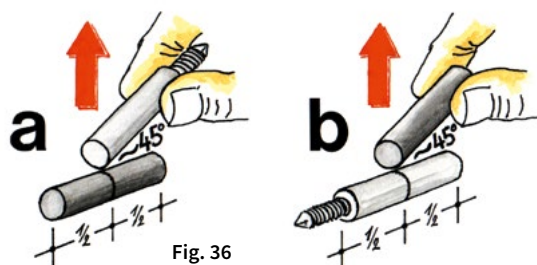


Fig. 36

MAGNETIZEM

36. MAGNETSKA UGANKA.

V naši zbirki najdeš dva težka valjasta kosa. Eden od njiju je podaljšan vijak. S poskusom, pri katerem ne smeš uporabiti nobenih drugih sredstev, moraš ugotoviti:

1. katere od navedenih predmetov je magnet in kateri je železo, ter
2. ali privlači magnet železo ali železo magnet

Poskus lahko izvedeš takole: enega od neznanih predmetov položi na mizo in ga z drugim predmetom poskušaj dvigniti, pri čemer se ga lahko dotakneš v sredini, (zariši na obeh predmetih sredino cilindričnega dela), tako kakor je prikazano na sliki 36 a in b. če predmet lahko vzdigneš, pomeni, da držiš v rokah magnet. če pa predmeta ne moreš dvigniti, pomeni, da je magnet na mizi. Zakaj je temu tako, boš zvedel(-a) pozneje. S poskusi se lahko prepričaš, da ne privlači samo magnet železo, temveč da tudi železo privlači magnet. Privlačenje med magnetom in železom je torej obojestransko.

Pripomočka: 10, 16.



Fig. 37

37. MAGNET.

že stari Grki so vedeli, da se v bližini mesta Magnezija nahaja ruda, ki privlači železne predmete. Pripovedujejo, da so si kose te rude prilepljali pastirjem na okove njihovih palic. Ta ruda se imenuje magnetit, privlačna sila pa magnetizem.

S pomočjo naravnega magneta lahko napravimo umetni magnet. Kako se to naredi, boš zvedel(-a) pozneje. Tak umetni magnet je v naši zbirki, samo da ni izdelan iz magnetita, temveč s pomočjo elektrike. Z njim lahko vzdignemo vse vijake in matice iz naše zbirke, pa tudi mnoge druge železne predmete.

Pripomočki: 5, 6, 10.

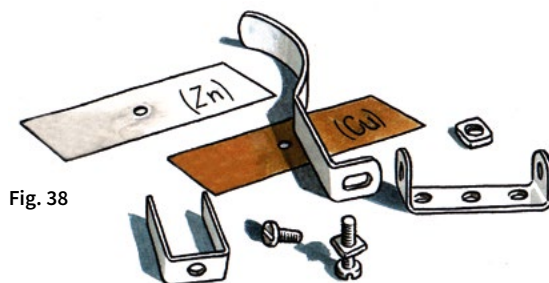


Fig. 38

38. ALI PRIVLAČI MAGNET SAMO ŽELEZNE PREDMETE

Na mizo položi razne kovinske predmete iz zbirke in jih skušaj dvigniti z magnetom. Katere predmete boš vzdignil(-a)? Vse železne predmete, kot napr. matice, vijake, žeblje, pločevinaste trake. Ne boš pa vzdignil(-a) cinka, bakra ali svinca. Z nadaljnjimi poskusi bi se lahko prepričali, da privlači magnet poleg železa tudi predmete iz niklja in kobalta. Najmočnejše privlači tako imenovane magnetske zlitine, kot AlNi, AlNiCo. Iz zlitine AlNiCo (aluminij, nikelj, kobalt) je izdelan magnet iz naše zbirke.

Pripomočki: 5, 6, 10, 23, 24, kovinski predmeti.



Fig. 39

39. MAGNET IMA DVA POLA.

Na list papirja natrosi železних opilkov, vanje pogrezni magnet ter ga nato vzdigni. Drobcil opilkov se „prilepijo“ na magnet, vendar ne po vsej dolžini enakomerno. Področje, na katerem magnet najmočnejše privlači, se imenuje pol. Vsak magnet ima dva pola.

Na polih je magnetizem najmočnejši, v sredini magneta pa je enak 0. Ali sedaj lahko rešiš uganko, ki smo jo zastavili v poskusu št. 36?

Pripomočka: 3, 10, list papirja.

40. MAGNETNO POLJE.

Pod kartonom velikosti 9,5 x 7 cm, ki si ga položil(-a) na plastični podstavek, je magnet.

1. železne opilke natrosi na karton in potrkaaj po njem s svinčnikom. Opilki se vzdolž nevidnih magnetnih silnic razporedijo v črte, ki potekajo v manjših ali večjih lokih z enega pola na drugega.

2. Zgornji poskus ponovi, pri čemer predhodno dvigni karton za 2 - 3 cm. Tudi sedaj se opilki razporedijo vzdolž magnetnih silnic.

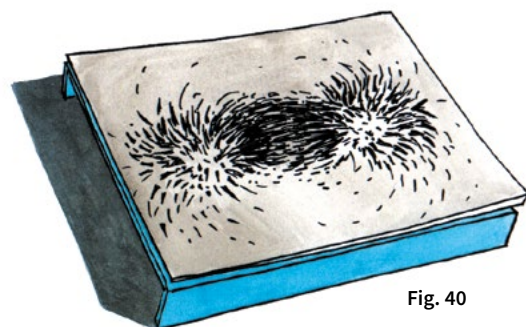


Fig. 40

3. Ponovi zgornji poskus, samo da tokrat postaviš magnet navpično. Tudi v tem primeru boš opazil(-a) pravičen raspored opilkov. Sklep. V prostoru okrog magnetna se razprostirajo magnetne silnice. Te silnice tvorijo polje, ki je najmočnejše na obeh polih.

Pripomočki: 3, 8, 10, karton.

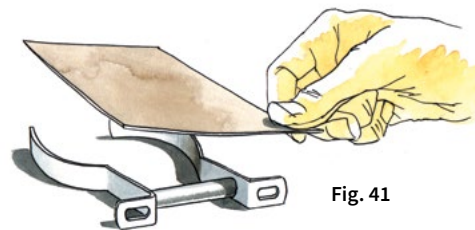


Fig. 41

41. MAGNETNO POLJE MED DVEMA RAZLIČNIMA POLOMA.

Položi magnet na mizo in mu na vsak konec dodaj po en statorski krak, kakor prikazuje slika 41. Vse to pokrij s kartonom in na karton natrosi železne opilke. Narahlo potrkaš po kartonu, železni opilki se razporedijo okrog magnetna, kakor si opazil(-a) v prejšnjem poskusu, ter med statorskima pločevinama. Ta ugotovitev je še posebej pomembna za razumevanje generatorja in elektromotorja.

Pripomočki: 3, 10, 15, karton.

42. POLJE ENAKIH POLOV.

Na mizo položi magnet in dva statorska kraka, vendar tako, da se oba naslanjata na isti pol magnetna, kot kaže slika 42. To pokrij s kartonom ter nanj natrosi železne opilke.

Opazovanje: Ne zanimajo te opilki neposredno okrog magnetna, temveč opilki med obema statorjema. Tukaj se opilki niso razporedili, kar dokazuje, da v tem polju ni magnetnih silnic, medtem ko se pojavijo zelo goste silnice na zunanji strani statorja. Te potekajo v lokih proti drugemu polu magnetna. Iz navedenih poskusov lahko sklepaš, da magnetna pola nista enaka, o čemer se boš prepričal(-a) tudi v naslednjih poskusih.

Pripomočki: 3, 10, 15, karton.

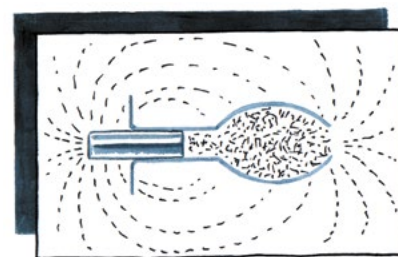


Fig. 42

43. SEVERNI IN JUŽNI POL MAGNETA.

Prepogni kos papirja in njegova krajca poveži z nitko iz bombaža. V papirnatu zanko vstavi magnet, da bo visel na niti. V ta namen uporabiš stojalo iz poskusa št. 20.

čez nekaj časa se magnet umiri, tako da kaže z enim koncem proti severu in z drugim proti jugu. Magnet ima dva pola, severnega in južnega. Z barvo ali s kosom papirja zaznamuj severni pol magnetna. To je tisti pol, ki kaže proti severu.

Pripomočki: (20), 10, papir, nit.

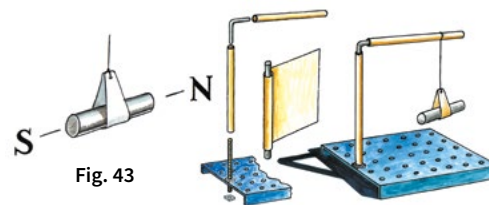


Fig. 43

44. MAGNETENJE JEKLA IN ŽELEZA.

1. Preko pletilne igle ali večje šivanke, povleci nekolikokrat z magnetom (z enim polom), pri čemer se vračaj vedno v loku, kakor kaže slika 44. Nato pogreznj vrh igle v železne opilke. Igla bo postala magnet. S poskusi se lahko prepičaš, da ima tudi ona dva pola. če jo obesi na nit, se bo ustavila tako, da bo kazal en konec proti severu, drug proti jugu.

2. Na podoben način namagnetni železno palico iz zbirke. Palica bo dvignila samo neznatno število železnih zrn, kar pomeni, da ni močno magnetična. Tudi ta njen magnetizem se bo hitro izgubil. Jeklo lahko namagnetimo trajno, železo pa samo začasno.

Pripomočki: 3, 9, 10, pletilna igla (železna).

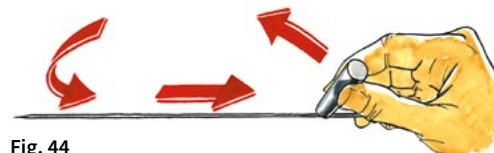


Fig. 44

45. VISOKA TOPLOTA UNIČUJE MAGNETIZEM.

Namagneteno pletilno iglo ogrej na plamenu sveče. Igla bo izgubila magnetizem.

Pripomočki: 3, 10, sveča, pletilna igla (železna).

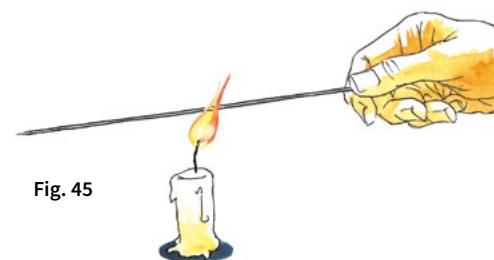


Fig. 45

46. UPOGIBANJE MAGNETA.

Namagneteno pletilno iglo nekolikokrat upogni v raznih smereh in nato preizkusi njeno magnetičnost. Igla izgubi magnetizem. Enako ga zgubi tudi z metanjem ali udarjanjem.

Pripomočki: 3, 10, pletilna igla (železna).



Fig. 46

47. NAMAGNETENJE ŽEPNEGA NOŽA.

Preko rezila žepnega noža povleci nekajkrat z magnetom, kakor kaže slika 47. Ostrino približaj vijakom ali železnim opilkom. Nož je postal magneten. S katerim polom magnetna si ga namagnetil(-a) in kateri pol si dobil(-a)?

Ali ti lahko namagneteni žepni nož služi kot kompas?

Pripomočki: 3, 5, 10, žepni nož.

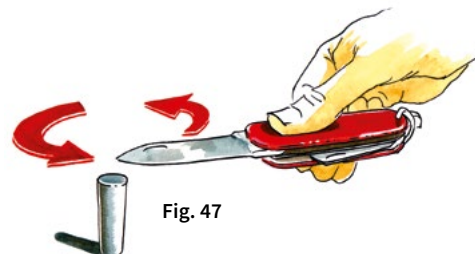


Fig. 47

48. JAKOST MAGNETA.

Spoznal(-a) si že nekaj magnetov. Kateri izmed njih je najmočnejši in kolikšna je njegova jakost? Najmočnejši magnet naše zbirke je iz zlitine AlNiCo. Kako boš preizkusil(-a) njegovo jakost?

a. Poleg magnetna potrebuješ kotvico, na katero obesiš skledico, narejeno iz lepenke in tanke vrvice, po sliki 48. Z roko vzdigni magnet obenem s kotvico in skledico. V skledico položi predmete iz zbirke, dokler jih magnet lahko nosi. Zapomni si. V skledico lahko položiš tudi uteži ter tako izraziš nosilnost magnetna.

b. Na sredino magnetna (označeno pri preizkusu št. 36) pritrdiš z vrstico skodelico narejeno pri prejšnjem preizkusu. Na magnet položiš oklep jedra skladno s sliko 48b. Kolikšna je sedaj jakost magnetna? čeprav je magnet isti, je jakost mnogo večja. Delujeta oba pola magnetna, medtem ko je v prejšnjem poskusu učinkoval samo eden.

Pripomočki: 10, 17, 18, lepenka, nit, razni predmeti.

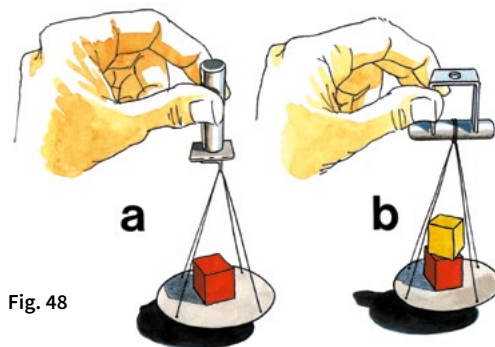


Fig. 48

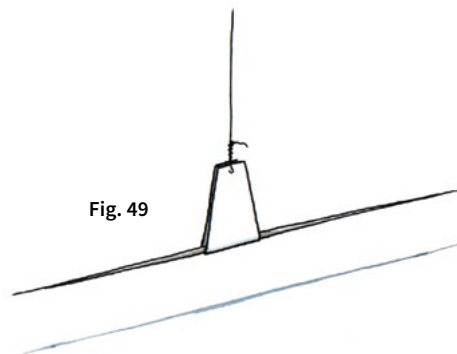
49. MAGNETNA IGLA.

V kompasu, ki je sestavni del zbirke, je magnetna igla. Ker te igle ne moreš izvleči, si boš naredil(-a) drugo, in sicer na naslednji način.

Dve daljši igli za šivanje položiš z ušesi eno preko druge ter ju krepko zveži s tanko nitjo. To namagnetni tako, da z enim koncem povlečeš petkrat ali večkrat preko severnega pola magnetna, vedno v isti smeri, z drugim koncem pa preko južnega pola. Tako si namagnetil iglo. Če obesiš to iglo na 12 - 20 cm dolgo nit ter počakaš, da se umiri, bo kazala z enim koncem proti severu, z drugim proti jugu.

Pripomočki: 10, dve šivalni igli, nit, papir.

Fig. 49



50. JAKOST MAGNETNEGA POLJA.

Magnetno iglo obesi na stojalo in počakaj, da se umiri. V oddaljenosti 10 cm približaj igli magnet s severnim polom. Ali se je igla premaknila? Počakaj, da se umiri, nato pa magnet hitro obrni. Če se zaradi velike oddaljenosti magnetna igla ne premakne, napravi isti poskus v oddaljenosti 8 - 9 cm. Magnetno polje je zelo veliko, čeprav je sam magnet dokaj majhen. Poskusi so pokazali, da jakost magnetnega polja pada s kvadratom oddaljenosti.

Najmočnejše polje je v neposredni bližini magnetna.

Pripomočki: (20), (49), 10.

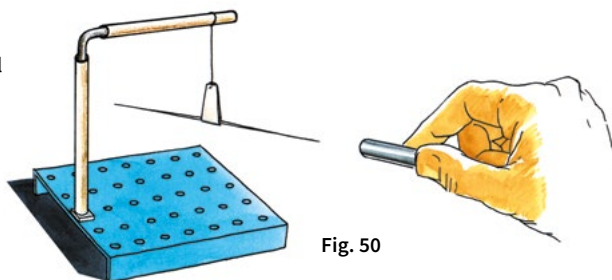


Fig. 50

51. KOMPAS.

V naši zbirki je kompas nekoliko drugačen od navadnega kompasa ali busole. Ima en del več. Običajni kompas se sestoji iz magnetne igle, ki s svojim modro pobarvanim koncem kaže proti severu, z rdečim pa proti jugu. Magnetna igla se giblje na jekleni konici. Na dnu ohišja magnetne igle je vetrnica z označbami strani sveta. Uporabljajo se mednarodne označbe po angleških nazivih:

S - jug (South)

N - sever (North)

E - vzhod (East)

W - zahod (West)

Naš kompas ima razen navedenih delov še rumeno iglo, ki služi za kazalec, kadar uporabljamo kompas kot galvanoskop. Zaradi boljšega razumevanja bomo v nadaljnjih poskusih risali v kompasih samo magnetno iglo.

Pripomoček: 34.

Fig. 51

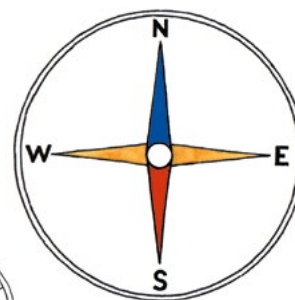


Fig. 52



52. MEDSEBOJNO DELOVANJE POLOV.

1. Južnemu polu magnetne igle približaj severni pol magnetna.
2. Severnemu polu magnetne igle približaj severni pol magnetna.
3. Napravi gornje poskuse z južnim polom magnetna. Spoznal(-a) si zakonitost: istoimenski poli magnetna se odbijajo, raznoimenski se privlačijo.

Pripomočka: 10, 34.

53. KOMPAS V MAGNETNEM POLJU.

V sredino večjega risalnega lista položi magnet ter s pomočjo kompasa ugotovi obsežnost magnetnega polja. Magnetno iglo postavi na 30 različnih mest in ob tem opazuje njeno lego (odklon) ter vse nariše na papir.

Magnetna igla se v magnetnem polju postavlja v smer magnetnih silnic.

Pripomočki: 10, 34, papir.

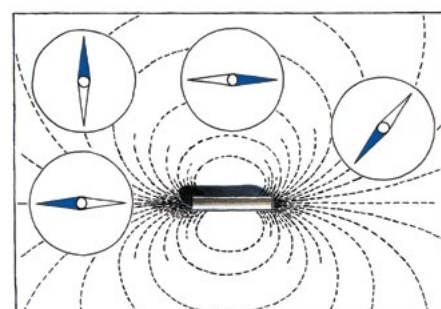
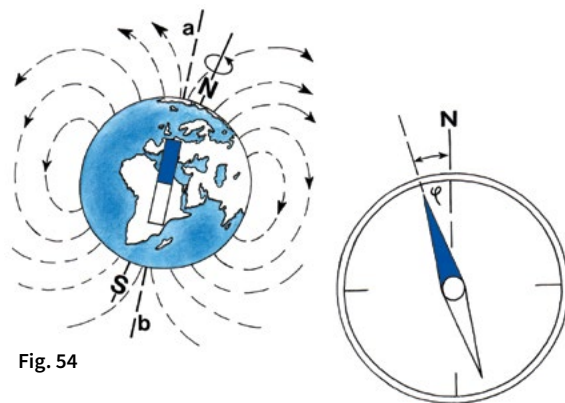


Fig. 53

54. ZEMLJA KOT MAGNET.

Slika 54 prikazuje Zemljo z njenimi magnetnimi silnicami. Premica sever (N) – jug (S) odgovarja geografski osi Zemlje. Ker vpliva tudi zemlja na magnetno iglo, sodimo, da je tudi zemlja ogromen magnet, ki ima svoj južni pol v bližini severnega geografskega pola, severnega pa v bližini južnega. Magnetno polje zemlje obsega vsa zemljo. Magnetna igla se postavlja v tem polju v smer magnetnih silnic, ki tečejo od severa proti jugu.



55. MAGNETNA DEKLINACIJA.

Magnetna pola Zemlje se ne prekrivata z geografskima, zato magnetna igla ne kaže natančno proti severu, temveč se od severa odklanja. Premica a-b (glej sliko 54) se imenuje magnetni meridian. Kot α , ki ga skleneta magnetni meridian (a-b) in geografski meridian (N-S) imenujemo magnetna deklinacija. Z meritvami, ki so trajale leta in leta, so ugotovili, da magnetna deklinacija ni v vseh delih zemlje enaka, celo na istem mestu ni vedno enaka. Ker je kompas pomembno orientacijsko sredstvo v prometu, moramo vedeti, kolikšna je deklinacija na posameznih mestih. Te podatke lahko najdemo v magnetskih kartah.

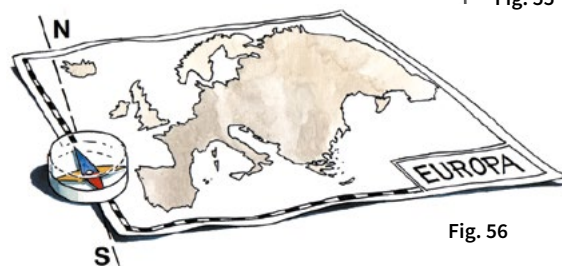
Pripomoček: 34.

56. ORIENTACIJA Z GEOGRAFSKO KARTO.

Stensko karto Evrope položi na mizo. Na rob karte postavi kompas ter karto premikaj tako dolgo, da se njen rob ujame s smerjo magnetne igle. V tem položaju je karta usmerjena proti severu. Na karti poišči kraj, v katerem delaš poskus.

Pokaži, v kateri smeri ležijo Ljubljana, Zagreb, Pariz in druga mesta. Da bi bila orientacija s karto popolna, moramo računati z deklinacijo. To je kot, ki ga tvorita geografski in magnetni meridian. Za nekatere naše kraje znaša ta kot 4° proti zahodu.

Pripomočka: 34, karta Evrope.



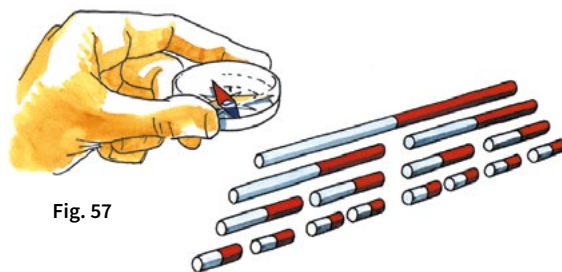
57. DELITEV MAGNETA.

Namagnetni pletilno iglo. S pomočjo kompasa se lahko prepričaš, da ima dva pola, severnega in južnega.

Prelomi iglo na dva dela. Vsak del je zopet popoln magnet s severnim in južnim polom. še nadalje prelamljaj nastala dela na dva nova.

Na kolikorkoli delov razdeliš magnet, vsak del, ki tako nastane, je popolni magnet.

Pripomočki: 10, 34, pletilna igla (železna).

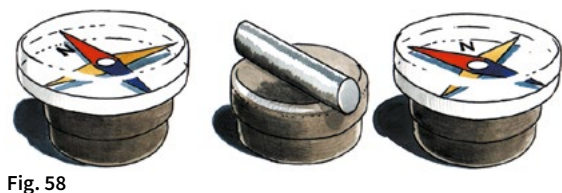


58. USMERJANJE MALIH MAGNETOV.

Premešaj škatlo z železnimi opilki iz naše zbirke. Nanjo položi kompas. Ko se igla ustavi v smeri sever-jug, počasi obrni škatlo z opilki obenem s kompasom (slika 58 levo). Magnetna igla ne bo spremenila svoje smeri.

Poskus ponovi še enkrat, tako da položiš na škatlo z opilki magnet in opilke dobro premešaj (slika 58 v sredini). Nato odstrani magnet in na škatlo zopet položi kompas. Igla se bo hitro ustavila. Ko se obrača škatla z opilki, se obrača tudi magnetna igla. Zakaj?

Pripomočki: 3, 10, 34.



59. MAGNETNA INFLUENCA.

Katerikoli kos železa iz naše zbirke položi v železni opilke. Prepričaj(-a) se boš, da ni magnetičen. Vsak kos železa se bo namagnetil, če mu magnet samo približaš (slika 59), brž ko magnet oddaljiš, izgubi železo magnetizem. Ta pojav je poimenovan "magnetna influenza".

Pripomočki: 3, 10, 15.

60. REMANENTNI MAGNETIZEM.

železno jedro, ki ga držiš z magnetom, vtakni v škatlo z vijaki in maticami. železo privleče nase mnogo vijakov in matic, kar pomeni, je namagneteno. Vzdigni magnet obenem z železom, vijaki in maticami, primi železo z roko in odstrani magnet. Večina predmetov bo padla z železa, kar pomeni, da je magnetizem popustil.

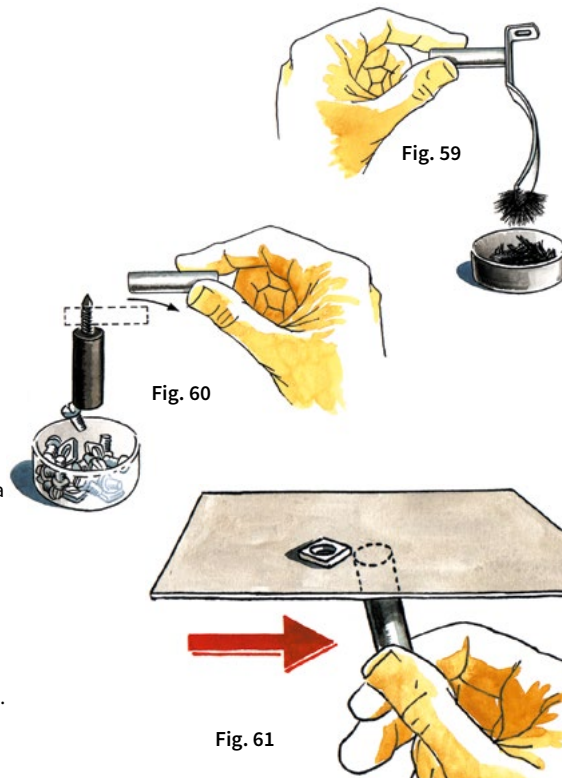
Posamezni vijaki in matice se bodo nekaj časa držali železa. Magnetizem torej ni popolnoma izginil. Opisani pojav se imenuje magnetna remanenca, ki je zelo pomembna za gradnjo istosmernih generatorjev.

Pripomočki: 5, 6, 10, 16.

61. DELOVANJE MAGNETA SKOZI RAZNE MATERIALE.

Slika 61 nam kaže poskus, pri katerem je med magnetom in železno matico karton. Kljub temu magnet matico privlači. če premakneš magnet, se premakne tudi matica. Preizkusi, ali deluje magnet skozi plastično ali leseno ravnilo, na katero si položil(-a) matico. S poskusi se lahko prepričaš, da deluje magnetno polje skozi steklo, baker, aluminij, les in tudi skozi mnoge druge materiale, na železu pa se zaustavi.

Pripomočki: 6, 10, karton, leseno ravnilo.



62. BLOKIRANJE MAGNETA.

Magnet iz naše zbirke položi v železno škatlo od bonbonov ali podobno škatlo. S kompasom se lahko prepričaš, da je magnetno polje zaradi tega zelo oslabilo. Če bi bile stene škatle debelejšje, bi bilo delovanje magnetna popolnoma blokirano. Z železnimi oklepi lahko preprečimo delovanje zunanjih magnetov na notranjost oklepa.

Pripomočki: 10, 34, železna škatla.



Fig. 62

63. ASTATIČNI PAR MAGNETNIH IGLI.

V tehniki pogosto uporabljamo magnetne igle, ki niso pod vplivom zemeljskega magnetizma. To so astatični pari igel, ki si jih lahko napraviš na sledeči način. Dve daljši igli za šivanje namagnetni, tako da nastanejo pri ušesih istoimenski poli. Iglji zabodi v papirnato cevčico, da so poli z vsake strani raznoimenski (slika 63). Če tak astatični par obesiš na tanko nezvito nit, se magnetni igli ne bosta postavili v smer sever-jug. Astatični par igel uporabljamo pri gradnji občutljivih galvanoskopov in galvanometrov.

Pripomočki: 10, dve šivalni igli, papir, nit.

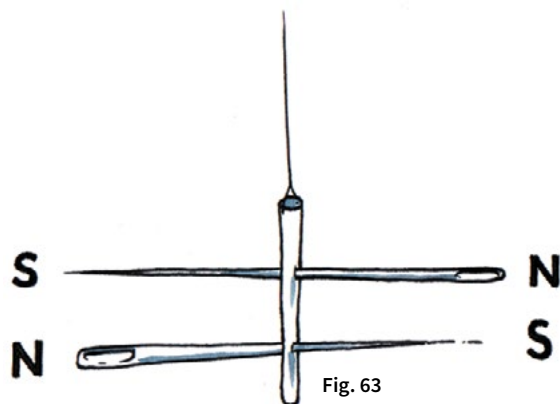


Fig. 63

64. MAGNETNA ZAVORA.

Na stojalo, ki si ga uporabil(-a) v poskusu št. 20, obesi aluminijev zvonček z odprtino navzdol, kot kaže slika 64. (To najlaže dosežeš, če okrog roba zvončka prilepiš debelejši papir ter nanj pritrdiš tri niti, s katerimi obesiš zvonček na stojalo.) Zvonček mora viseti tako visoko, da je pod njegovim robom prostor za magnet.

Poskus ima dva dela:

1. Magnet odstrani, zvonček označi na obodu z eno črtico in ga zavrti (navij) z roko za tri obrate, zvonček izpusti in šteje, koliko obratov bo naredil, da se vrne v začetno stanje.
2. Ko se zvonček sam od sebe popolnoma umiri, podloži pod njegov rob magnet ter zavrti zvonček na enak način kot pri prvem poskusu in zopet šteje obrate v drugi smeri. V drugem poskusu zvonček ne bo napravil toliko obratov kot v prvem in vrtel se bo počasneje.

Kako to?

Veš že, da magnet ne privlači aluminija, vendar pa si opazil(-a), da deluje kot zavora. Zvonček se v magnetnem polju vrti. Magnetne silnice povzročajo v aluminiju nastanek električnega toka, ki ima svoje pole nasproti polju magnetu. Zaradi tega pride do zaviranja.

Pripomočki: (20), 10, 13, nit.

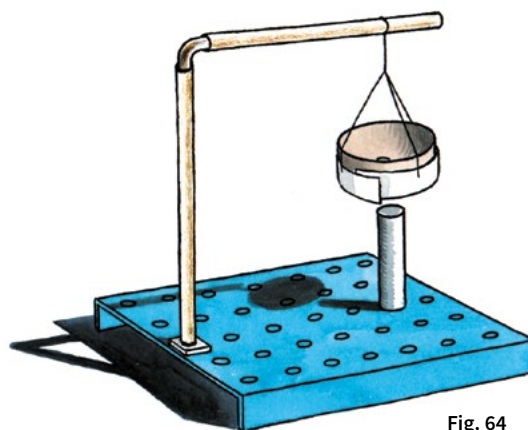


Fig. 64

65. LADIJSKI KOMPAS.

Ladijski kompas je zgrajen drugače kot kompas, ki si ga uporabljal(-a). Narediš si lahko model ladijskega kompasa.

Iz tankega kartona izreži krog s premerom 10 cm ter nanj nariši vetrnico, kot jo ima naš kompas. Razen tega nanesi na obod kroga skalo 360° od znaka N naprej. Na to vetrnico prilepi z dvema papirnatima trakoma magnetno iglo iz poskusa št. 49, da pade njen severni pol na znak N. Tako narejenega kompasa ne moreš nasaditi na konico, zato ga s tankimi nezvitimi nitmi obesiš na stojalo, ki smo ga izdelali pri poskusu št. 20. Pri tem kompasu se ne vrti le magnetna igla, temveč tudi vetrnica. Čez nekaj časa se kompas ustavi, igla kaže smer sever-jug. Pod kompas položi knjigo, ki naj ti predstavlja ladjo. Na knjigo namesti kratek papirnat trak z navpično črto. Če je ladja obrnjena natančno proti severu, bo severni pol tvojega kompasa sovpadal s črto. Sedaj pride kapitan in ukaže: „Ladjo 8° vzhodno.“ Krmar bo obrnil krmilo in s tem tudi ladjo, tako da bo črtica na 8° vzhodno. Magnetna igla bo pri tem še naprej kazala proti severu. Da bi se preprečile napake, ki bi lahko nastale zaradi zibanja ladje, je ladijski kompas obešen na dvojnem obroču, tako imenovanem kardanu.

Pripomočki: (20), (49), karton, papir, knjiga, nit.

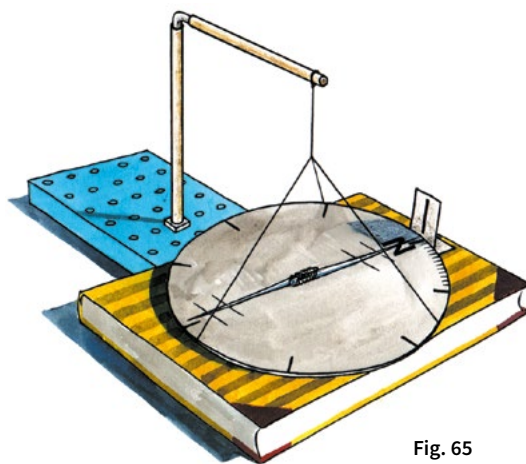


Fig. 65

66. MAGNETNA DEVIACIJA.

Izvrši ukaz poveljnika ladje iz prejšnje točke. Ladja sedaj ne pluje več proti severu, temveč 8° vzhodno. Približaj svojemu kompasu večje kladivo ali kak drug železni predmet.

Veš, da se magnet in železo medsebojno privlačita, zaradi česar bo kladivo privleklo magnetno iglo in ladja bo zaradi nastalih motenj krenila s prave poti. Take motnje se pojavljajo na vseh ladjah. Imenujemo jih magnetne deviacije. Te pojave povzročajo predvsem

ladja sama, ker je iz železa in železni so tudi stroji, ki jo premikajo. Motnje lahko povzročijo tudi tovor, če vsebuje železo, nikelj ali kobalt.

Da prepreči deviacijo, je ladijski kompas opremljen z gibljivimi magnetnimi paličicami in železnimi kroglicami. Deviacijo ladijskega kompasa lahko popraviš, če magnetni igli približaš z druge strani kos železa ali majhen magnet, dokler se kompas ne vrne na smer 8° vzhodno.

Pripomočka: (65), kladivo.

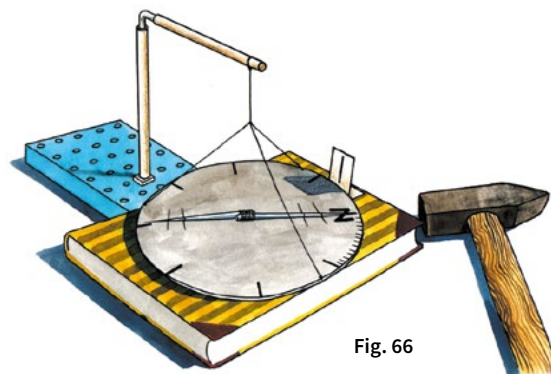


Fig. 66

67. MAGNETNE IGLE NA VODI.

S šestimi šivankami lahko narediš zanimiv poskus, ki bo pokazal posledice medsebojnega privlačevanja in odbijanja magnetnih polov. Igle namagnetni v isti smeri. Iz plutovinastega zamaška izreži 6 enakih majhnih kock. V te kocke zabodi pripravljene magnetne igle ter jih nato postavi v ušesi navzdol v širšo posodo z vodo.

Magnetne igle plavajo. Ker so njihovi magnetni poli na istih koncih, se odbijajo, toda le nekaj časa. Na njih se pojavljajo privlačne sile med vrhovi igel z enim polom in ušesci z nasprotnim polom. Posledice privlačevanja in odbijanja so liki, v kateri se razporejajo magnetne igle.

Naredi isti poskus s petimi, štirimi ali tremi iglami.

Opomba: Posoda mora biti dovolj široka in ne sme biti iz železa.

Pripomočki: 10, posoda z vodo, 6 igel, 6 manjših plutovinastih čepov.

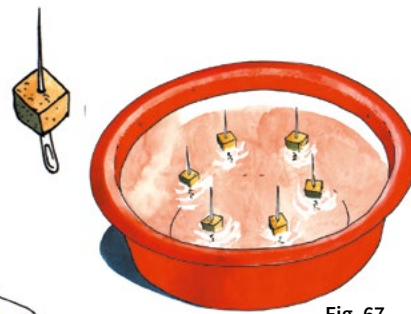


Fig. 67

68. VRTEČE SE MAGNETNO POLJE.

Magnet, ki visi na tanki niti, zavrti 8 - 10 krat v isti smeri in nato ga pusti, da se vrtil. Pod magnetom namesti kompas. Obenem z magnetom se vrtil tudi magnetna igla kompasa, ker se obenem z magnetom vrtil tudi njegovo magnetno polje.

Pripomočki: 10, 34, papir, nit.



Fig. 68

ELEMENTI IN BATERIJE

69. BATERIJA.

Baterijo lahko kupiš v vsaki trgovini. Naša baterija je podobna pokončni škatli. Iz nje molita dva priključka. To sta pola baterije. Manjši priključek je pozitivni pol, zaznamujemo ga z znakom „+“, večji priključek je negativni pol, označimo ga z znakom „-“. Polov baterije se ne smeš dotikati, ker se sicer baterija hitro iztroši. Prav tako se polov baterije ne sme kratkostičiti.



Fig. 69

70. POSKUS BATERIJE.

V zbirki najdeš več pripomočkov, s katerimi lahko preizkusiš jakost baterije. Ti izberi električno žarnico ali galvanoskop. če žarnica sveti oziroma, če se kazalec galvanoskopa odkloni je baterija brezhibna. Pri preizkušanju se baterija prazni.

Pripomočki: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, baterija.

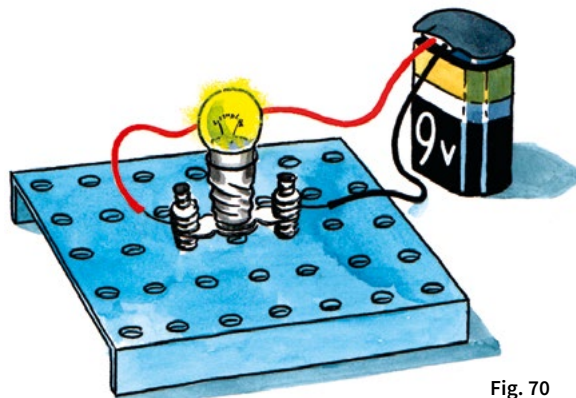


Fig. 70

71. ELEKTRIČNA ŽARNICA.

Delovanje električne žarnice naj pojasni naslednji poskus: V deščico zabij dva žeblja, tako da sta drug od drugega oddaljena 1 cm. Med njima razpni železno žico debeline 0,1 mm. Skozi žico spusti tok iz nove baterije (slika 71 levo). železna žica bo zažarela. če bi uporabil(-a) tok iz dveh baterij, bi žica pregorela. Na tej osnovi so zgrajene električne žarnice. V steklenem balonu, v katerem ni zraka, je zelo tanka žica iz volframa, kovine z visokim tališčem. Ta žica pod vplivom toka zažari, a ne more pregoreti, ker v balonu ni kisika. V balonu ni zraka, v njem je argon.

žarnica je zelo občutljiva priprava. Ne sme pasti, niti se tresti, zlasti ne takrat, ko sveti. Uporabljati se sme samo za predpisano napetost, ki je natisnjena na navojnici. žarnico iz zbirke lahko priključiš na baterijo napetosti 9 V. Pri večji napetosti bi nit pregorela.

Pripomočki: deščica, 2 žeblja, železna žica, baterija.

OPOZORILO: - Baterija v kratkem stiku!

- Baterija naj bo priključena samo kratek čas – kolikor je

- potrebno za razumevanje poskusa!

- Pazi, da se ne opečeš!

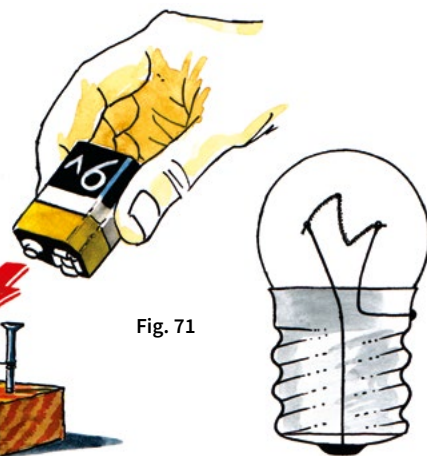


Fig. 71

72. NOTRANJOST BATERIJE.

9 V baterija se sestoji iz šestih členov ali elementov (ne zamenjaj z elementi v kemiji). Vsak element je sestavljen iz cinkaste posodice, vrečice z ogljenim prahom in salmiakove raztopine. členi so medsebojno povezani na naslednji način:

Cink prvega člana je prost – negativni priključni pol

Oglje prvega člana je zvezano s cinkom drugega člana.

Oglje drugega člana je zvezano s cinkom tretjega člana.

Oglje zadnjega – šestega člana je prosto – pozitivni priključni pol

Iz baterije štrlita dva priključna pola, negativni in pozitivni pol.

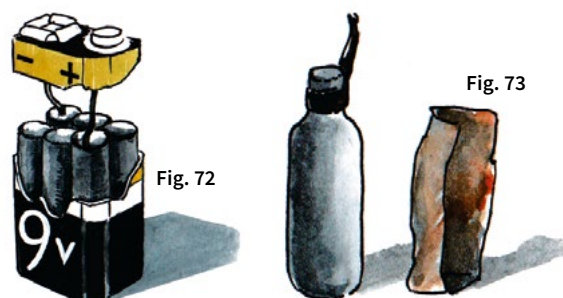


Fig. 72

73. OBRABA BATERIJ.

Baterije trajajo le nekaj časa. Ko se izrabijo, jih odvržemo. Kaj se v baterijah izrabljuje? Izrabile so se cinkaste posodice, postale so razjedene. Izrabljuje se tudi salmiakova raztopina (amonijev klorid). Popolnoma dobre so vrečice z ogljeno paličico in prahom manganovega oksida.

Iztrošene baterije odvrzite v za to določene zabojnike (zbirališča).

74. ELEKTRIKA IZ ŽABJIH KRAKOV.

Leta 1791 je bil objavljen znameniti poskus Galvanija, profesorja anatomije na vseučilišču v Bologni. Na železno mrežo je obesil bakren klin, na katerem sta visela dva žabja kraka. Zaradi vetra sta se kraka gugala ter se ob tem dotikala železne mreže. Kadarkoli se je to zgodilo, sta se stresla, kakor da bi bila živa. Galvani je mislil, da povzročata tresljaje elektrika živalskega telesa. Istega mnenja so bili mnogi znanstveniki tiste dobe. Aleksander Volta, univerzitetni profesor v Paviji, pa je menil drugače. Tudi on je trdil, da povzročata tresljaje elektrika. Zavračal pa je mnenje, da je to elektrika živalskega telesa. Trdil je, da nastaja elektrika zaradi tega, ker se z ene strani dotikata dve kovini, železo in baker, medtem ko je na drugi strani med tema kovinama vlažno telo, za katero pa ni nujno, da je živalskega izvora. Več let je trajala bitka med Voltom in pripadniki Galvanijevega naziranja. Šele leta 1799 je Volta izdelal pripravo, s pomočjo katere je dokazal svojo trditev.

Tudi ti boš izdelal(-a) to pripravo, toda prej se moraš seznaniti z aparatom za merjenje elektrike. Ta aparat se imenuje galvanoskop.

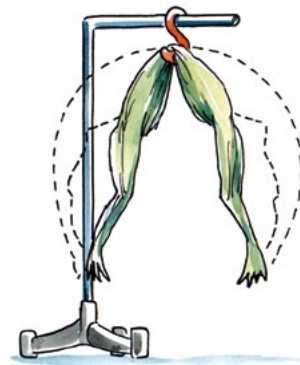


Fig. 74

75. GALVANOSKOP.

Galvanoskop iz zbirke ima tri sestavne dele: kompas (K), podlogo (P), in tuljavo (T). Kompas ima razen magnetne igle z rdeče-modrima krakoma tudi rumeno kovinsko iglo. Pri merjenju moraš kompas vtakniti v tuljavo galvanoskopa in ga obrniti tako, da kaže rumeni kazalec na O.

Kadar meriš, ne smejo biti v bližini galvanoskopa magnet ali železni predmeti.

Pripomočka: 1, 34.

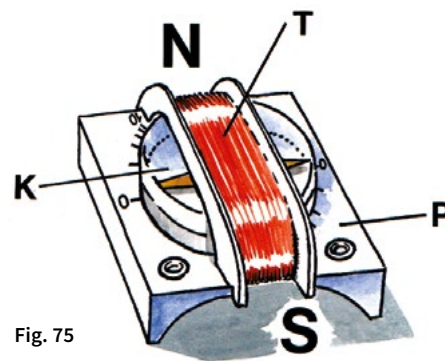


Fig. 75

76. VOLTOVO ODKRITJE.

Cinkasto ploščico (Zn) in bakreno ploščico (Cu) iz zbirke očisti z brusnim papirjem, ju dobro obriši in z dvema žicama poveži z galvanoskopom, kakor kaže slika 76. Rumeni kazalec galvanoskopa mora kazati na O.

Poskusi:

1. Med ploščici položi kos časopisnega papirja. Kazalec galvanoskopa se ne bo premaknil.
2. Papir med ploščicama zmoči z navadno vodo. Kazalec se bo odklonil. Dokaz, da teče skozi galvanoskop električni tok.
3. Zamenjaj pole (žico, ki je zvezana s cinkom, zveži z bakrom in nasprotno). Kazalec se bo zopet odklonil, toda v nasprotni smeri.
4. Pritisni ploščici tesno eno na drugo. Odklon kazalca se bo povečal.
5. Zmanjšaj površino ploščic. Odklon se bo zmanjšal.

Voltov poskus se je razlikoval od našega. V njegovi dobi še niso poznali galvanoskopa, s katerim bi lahko ugotovili neznatne električne tokove. Tok je Volta dokazal s tako imenovanim voltovim stebrom. Na majhno okroglo cinkasto ploščico je položil vlažno, enako veliko sukneno krpico, na krpico je postavil bakreno, nato cinkasto ploščico, sukneno krpico, bakreno ploščico itd. Vedno izmenoma, okoli 60-krat. Tako je ta priprava dobila obliko stebra. V tem stebru se torej dotikata te dve kovini s posredovanjem tekočine v suknu. Pri dotiku se tvori električni tok. To je bila prva priprava (baterija), ki jo je napravil človek, za proizvodnjo električnega toka. S tako enostavnim odkritjem si je pridobil Volta v znanosti neminljivo slavo.

Po njem se imenujeta enota napetosti toka - „volt“ in priprava za merjenje napetosti - „voltmeter“. Priprava, ki si jo sestaviš (-a) v poskusu št. 76, se imenuje voltov člen ali voltov element. Od voltovega odkritja pa do danes je bilo izdelanih mnogo najrazličnejših členov oziroma elementov.

Vsi ti elementi se imenujejo na čast Galvanija - galvanski elementi.

Pripomočki: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, papir, voda.

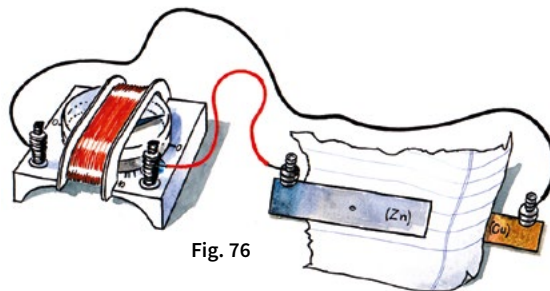


Fig. 76

77. ELEMENT IZ BAKRA, CINKA IN KUHINJSKE SOLI.

V steklen kozarec, napolnjen s slano vodo, vtakni ploščici iz bakra in cinka, ki si ju z dvema žicama spojil(-a) z galvanoskopom (slika 77). Kazalec galvanoskopa se bo močno odklonil, kar pomeni, da se v elementu tvori tok.

Pripomočki: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, kozarec, voda, sol.

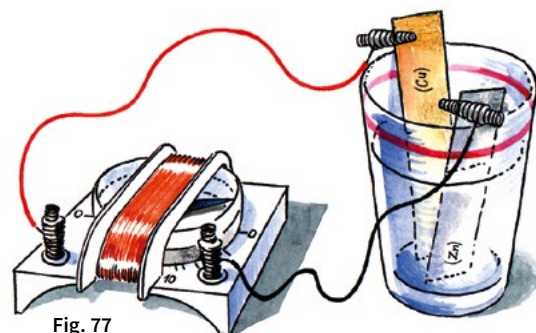


Fig. 77

78. POLARIZACIJA IN DEPOLARIZACIJA.

1. Galvanski element iz cinka, bakra in kuhinjske soli spoji z galvanoskopom kakor pri poskusu št. 77. Opazuj kazalec galvanoskopa! V začetku se odkloni, kar dokazuje, da daje element tok. Počasi pa se kazalec vrača. Tok se očitno zmanjšuje. Če dodajaš sol, lahko tok nekoliko okrepiš, toda ne za dolgo. Kaj povzročata padec toka? Na bakreni ploščici se kopičijo mehurčki vodika, ki nastajajo zaradi razpadanja kuhinjske soli. Ti mehurčki preprečujejo delovanje elementa. Pojav se imenuje polarizacija.

2. Z leseno paličico ali s krpico odstrani mehurčke bakra! Element zopet daje tok.

3. Odlj nekaj vode in napolni element z opranim drobnim peskom. Element daje tok dalj časa. Mehurčki vodika se spojijo s kisikom iz zraka v vodo, zrak pa je med peščenimi zrnici. S tem se preprečuje polarizacija. Pesek torej deluje kot depolarizator.

Pripomočki: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, kozarec, voda, sol, pesek.

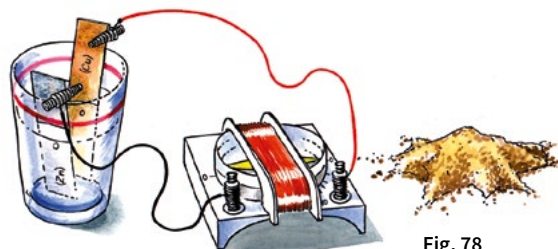


Fig. 78

79. LECLANCHÉJEV ELEMENT.

9V baterija se sestoji iz šestih Leclanchéjevih elementov, v katerih je cink negativni pol, oglje pozitivni, manganov oksid pa depolarizator. Elektrolit (tekočina med poloma) je raztopina salmiaka v vodi v razmerju 1:3. Raztopina je pomešana s škrobnim lepilom in zato ne peče. To je tako imenovana suha baterija.

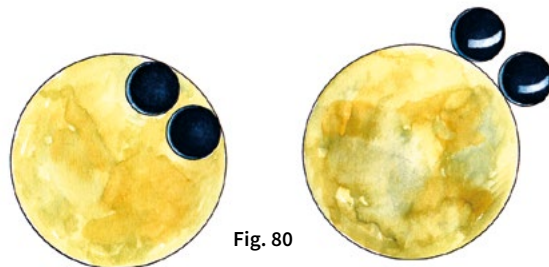


Fig. 80

80. KAKO NASTAJA V ELEMENTU TOK.

Pod vplivom električnih sil, ki vladajo med tekočinami in kovinami, izločajo kovine pozitivne ione. Zato se na kovinah, v tvojem primeru na cinku, pojavlja višek elektronov. Če spojiš s spojnimi žicami (izven elementa) cink z ogljem (oziroma v prejšnjem poskusu z bakrom), krožijo elektroni s cinka, kjer jih je več, proti bakru, kjer jih je manj. Tako nastaja električni tok. Toda kaj so ioni? Kot že veš, so telesa, sestavljena iz molekul in atomov, atomi pa so sestavljeni iz jeder in elektronov. Vsak atom ima določeno število elektronov. Če se odstrani iz atoma ali iz skupine atomov nekaj elektronov, se atom pretvori v ion. Ion nastane tudi, če se atomu ali skupini atomov da več elektronov, kot mu pripada. V prvem primeru je ion pozitiven, v drugem negativen.

Slika 80 kaže na levi strani shematski pozitivni, na desni strani pa negativni ion.

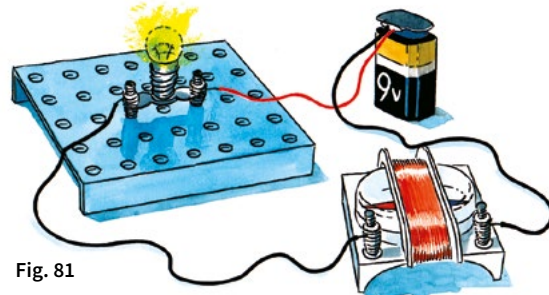


Fig. 81

81. TOKOVNI KROG.

Slika 81 prikazuje tokovni krog, ki ga tvorijo baterija, žarnica, galvanoskop in spojne žice. Tok teče iz baterije v žarnico, iz žarnice v galvanoskop in iz galvanoskopa v baterijo. Dokler tok teče, žarnica sveti in se kazalec galvanoskopa odklanja.

Če pa se tokovni krog na kakem mestu prekine, tok neha teči. Tok teče samo v zaprtem tokovnem krogu.

Pripomočki: 1, 4 x 7, 8, 14, 33, 34, 35, baterija.

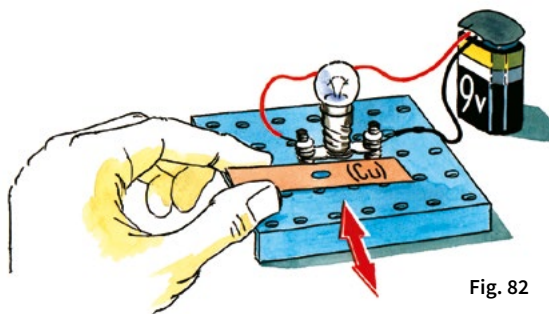


Fig. 82

82. KRATEK STIK.

Z žarnico in baterijo vzpostavi tokovni krog, kot prikazuje slika 82. žarnica sveti. če se dotakneš obeh polov baterije z bakreno ploščico ali kakim drugim kovinskim predmetom, žarnica ugasne. Naredil(-a) si kratek stik. V kratkem stiku se baterija hitro iztroši. Iz negativnega pola teče zelo močan električni tok brez vsakega odpora (preko kratkega stika) na pozitivni pol baterije. če želiš, da bi baterija dolgo trajala, se moraš izogibati kratkega stika.

Pripomočki: 2 x 7, 8, 14, 24, 33, 35, baterija.



Fig. 83

83. VAROVALKA.

Električni tok v gospodinjstvu ima napetost 220 V. Da ne bi prišlo do škode zaradi kratkega stika, so v električni vod vgrajene varovalke. Nameščene so nad električnimi števcem in so lahko elektromagnetne ali termične. Tu bomo govorili o termičnih varovalkah. Varovalka (slika 83) se sestoji iz keramičnega valja (1), s kremenčevim peskom (2), v katerem je tenka žica (3), pritrjena z metalnima kapicama in vzmetko (4), ki v primeru kratkega stika porabnika ali tokovne preobremenitve pregore.

če se to zgodi, je treba najprej poiskati napako v električnem omrežju. Vzrok pregora je lahko preveliko število vključenih aparatov (tokovna preobremenitev s seštevanjem porab), ali pa kratek stik na enem od porabnikov. Ko odpravimo okvaro, namestimo novo varovalko. Prepovedano in zelo nevarno je popravljanje pregorelih varovalk, kakor to ponazoruje slika 83 desno. V tem primeru pride lahko do požara ali do poškodbe aparata.

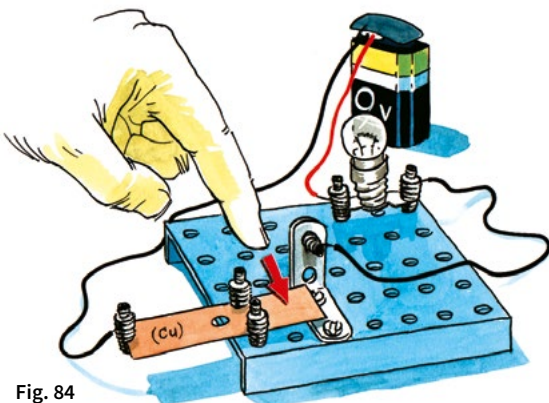


Fig. 84

84. ELEKTRIČNO TIPKALO.

Na sliki 84 je prikazano električno tipkalo in način njegovega spajanja z baterijo in žarnico. če pritisneš na tipkalo, se tokovni krog strne in žarnica sveti, dokler pritiskaš na tipkalo. Na zgoraj opisani način deluje tipkalo pri električnem zvoncu.

Pripomočki: 2 x 5, 2 x 6, 6 x 7, 8, 14, 24, 28, 33, 35, baterija.

85. TELEGRAFIRANJE S POMOČJO SVETLOBE.

Električno tipkalo iz poskusa št. 84 lahko uporabiš kot telegrafski aparat. Telegrami se prenašajo z Morzejevo abecedo, ki je sestavljena iz dolgih in kratkih svetlobnih žarkov (slika 85). Svetlobni telegraf je zato ugoden, ker za prenos znakov ni potrebna žica. Pomanjkljivost pa je v tem, ker se lahko z njim poveže samo kraje, ki so vidni in ker se ga ne more uporabljati podnevi. če želiš varovati tajnost sporočila, moraš uporabljati šifre.

A	· ·	J	· · · ·	S	· · ·	1	· · · · ·
B	· · · ·	K	· · ·	T	-	2	· · · · ·
C	· · · ·	L	· · · ·	U	· · ·	3	· · · · ·
D	· · ·	M	· · ·	V	· · · ·	4	· · · · ·
E	·	N	· ·	W	· · · ·	5	· · · · ·
F	· · · ·	O	· · · ·	X	· · · ·	6	· · · · ·
G	· · ·	P	· · · ·	Y	· · · ·	7	· · · · ·
H	· · · ·	Q	· · · ·	Z	· · · ·	8	· · · · ·
I	· ·	R	· · ·			9	· · · · ·
						0	· · · · ·

Fig. 85

86. STIKALO.

Električno tipkalo, ki si ga spoznal(-a) v poskusu št. 84, je primerno samo za instalacije, pri katerih se vključuje tok le za kratek čas, kot na primer pri svetlobnem telegrafu in električnem zvoncu. Če želiš vključiti tok za daljši čas, potrebuješ stikalo, ki ga v najenostavnejši izvedbi prikazuje slika 86. Če obrneš vzvod stikala na levo, vzpostaviš tokovni krog in žarnica bo svetila, dokler vzvoda ne obrneš na desno. Pri stikalih v hišnih instalacijah obračaš vzvod vedno v isti smeri, nameščen pa je v izoliranem ohišju. Kovinskih delov teh stikal se ne smeš dotikati z rokami, ker gre za visoko napetost.

Pripomočki: 3 x 5, 3 x 6, 4 x 7, 8, 14, 24, 2 x 28, 33, 35, baterija.

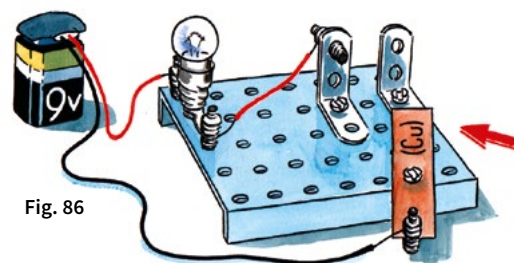


Fig. 86

87. STIKALO ZA DVE ŽARNICI.

Z enim stikalom lahko prižigaš in ugašaš več žarnic. Slika 87 prikazuje dve žarnici, ki se izmenoma napajata iz iste baterije. Podobno stikalo za tri žarnice bi bilo potrebno na primer

pri semaforju v prometu, kjer se izmenoma vžigajo rdeča, rumena in zelena luč.

Pripomočki: 3 x 5, 3 x 6, 7 x 7, 8, 2 x 14, 24, 2 x 28, 33, 2 x 35, baterija.

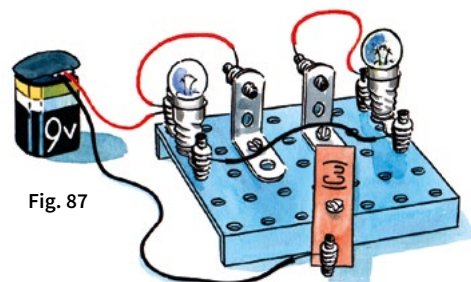


Fig. 87

88. ENA ŽARNICA Z DVEMA STIKALOMA.

Kakšna instalacija bi bila potrebna, da bi se žarnica v sredini stopnišča prižigala ter ugašala tako iz pritličja kakor tudi iz prvega nadstropja? Ta instalacija ima dve stikali, žarnico, vir energije (v našem primeru baterija) in spojne žice.

S pomočjo sestavnih delov zbirke lahko sestaviš dve stikali, z vsake strani podstavka po eno. Slika 88 kaže, kako sta stikali medsebojno povezani in kakšen je njun spoj z žarnico in baterijo. Z vsakim stikalom lahko prižgeš ali ugasneš. Lahko pa žarnico prižgeš z enim stikalom, z drugim jo v nadstropju ugasneš, ali nasprotno.

Opisana instalacija se imenuje korespondentna.

Pripomočki: 6 x 5, 6 x 6, 8 x 7, 8, 14, 23, 24, 4 x 28, 33, 35, baterija.

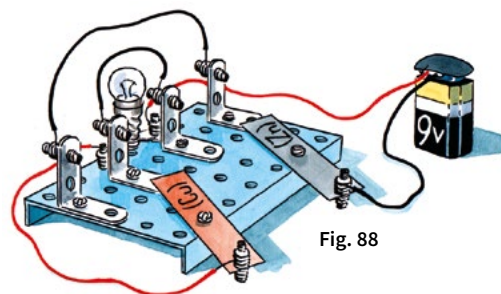


Fig. 88

89. VZPOREDNO VEZANJE ŽARNIC.

1. Na baterijo postopoma priključi tri žarnice.

Opazovanje: Prva žarnica sveti s polnim sijajem, prav tako tudi druga in tretja. Kolikšna je moč porabljenega toka?

Napetost baterije je 9 V. Prva žarnica porabi 0,05 (50mA) ampera, druga in tretja enako.

Električna moč je torej:

$$P = 9 (3 \times 0,05) = 1,35 \text{ W}$$

2. Eno od žarnic iz gornjega poskusa odvij iz grla. Drugi dve svetita dalje.

Vzporedno vezanje žarnic se uporablja pri hišni električni razsvetljavi.

Pripomočki: 6 x 7, 8, 3 x 14, 33, 3 x 35, baterija.

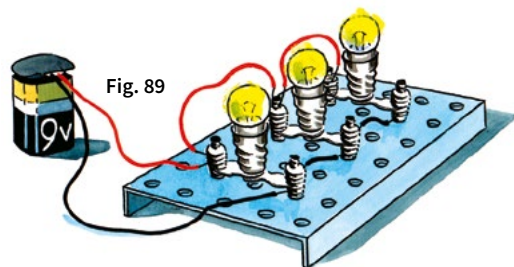


Fig. 89

90. ZAPOREDNO VEZANJE ŽARNIC.

1. Z baterijo postopno spoji v serijo tri žarnice. Ena sama žarnica sveti s polnim sijajem, dve spojeni v serijo (ena za drugo) svetita mnogo slabše, medtem ko se svetloba treh v serijo spojenih žarnic komaj opazi.

V prvem primeru teče skozi žarnico tok 0,05 ampera, napetost pa je 9 volta. Za dve v serijo spojeni žarnici bi morala biti napetost dvakrat tolikšna, pri treh žarnicah pa trikrat tolikšna.

2. V gornjem poskusu odvij eno žarnico in ugasnejo vse, ker je tokovni krog prekinjen.

Pripomočki: (89).

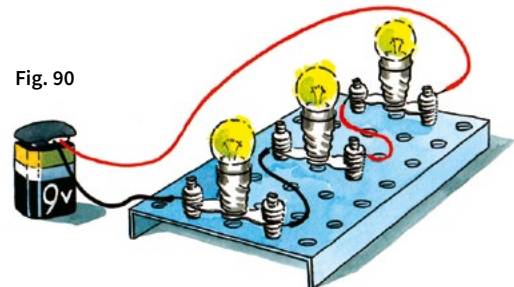


Fig. 90

91. POVEČANJE NAPETOSTI BATERIJE.

1. V poskusu št. 72 si spoznal(-a) notranjost baterije. Opazil(-a) si da se sestoji iz šestih elementov.

V teh elementih so pozitivne elektrode ogljene paličice, negativne pa cinkaste posodice in elektrolit raztopine salmiaka in vode. Manganov oksid deluje kot depolarizator.

Elementi so vezani zaporedno. Napetost posameznega elementa je 1,5 V. Celotna baterija ima $6 \times 1,5 \text{ V} = 9 \text{ V}$ (slika 91 levo).

2. Če zaporedno zvežeš dve žepni bateriji, kot kaže slika 91 desno, bo imela novo nastala baterija $2 \times 9 \text{ V} = 18 \text{ V}$.

Pripomočki: 2 baterije.

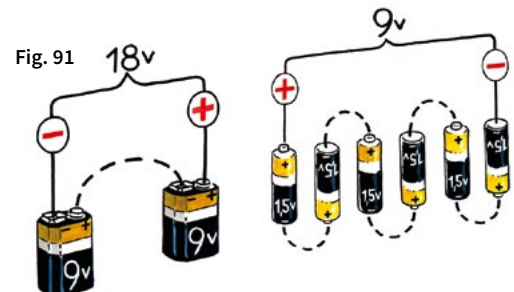


Fig. 91

92. POVEČANJE JAKOSTI BATERIJE.

Nova baterija ima zadovoljivo moč. To je dovolj za napajanje treh žarnic, od katerih porabi vsaka 0,05 A. Če želiš močnejšo baterijo, lahko zvežeš več baterij vzporedno, kakor kaže slika 92. Čeprav je napetost vsake teh baterij 9 V, se skupna napetost ne poveča, zato pa se poveča kapaciteta vzporedno zvezanih baterij.

Pripomočki: 33, 3 baterije.

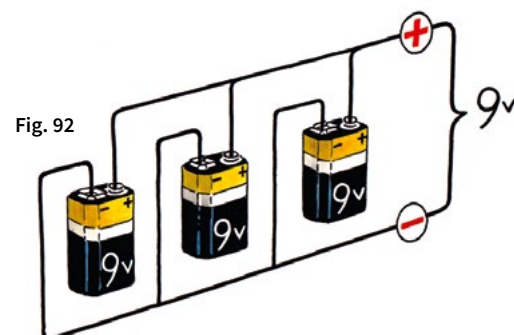
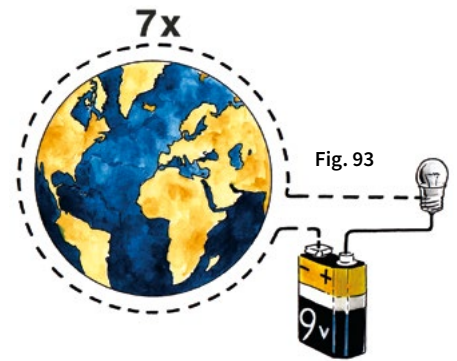


Fig. 92

93. HITROST ELEKTRIKE.

Električni signal lahko v eni sami sekundi sedemkrat obkroži zemeljsko kroglo. Hitrost elektrike je 300 000 km na sekundo. (Poskus, ki je prikazan na sliki 93, je neizvedljiv. Slika naj ti le pomaga, da se lažje predstavljaš hitrost elektrike).



94. PREIZKUŠANJE PREVODNOSTI.

Iz delov zbirke „Elektropionir“ lahko izdelata pripravo za preizkušanje prevodnosti raznih snovi. Sestav te priprave kaže slika 94.

1. Grobo preizkušanje:

Predmet, ki ga želiš preizkusiti, položi tako, da se dotika obeh ploščic. S tem vzpostaviš tokovni krog. Če žarnica zasveti, je to znamenje, da je telo, ki ga preizkušaš, prevodnik. Preizkusi na primer lepenko, reostat itd. iz zbirke. Pri nobenem teh teles žarnica ne zasveti, zaradi česar morda domnevaš, da so navedena telesa izolatorji. Vendar ni tako. V poskusu št. 18 si na primer videl(-a), da se s pomočjo svinčnika lahko izprazni napolnjeni elektroskop. Kako razložiš to protislovje?

Napetost toka je v tvojem poskusu, kakor veš 9 V, medtem ko je v poskusu št. 18 več sto V. Ali so telesa prevodniki ali izolatorji, ni odvisno samo od sestave telesa, temveč tudi od napetosti toka. Smeš torej trditi, da ni niti idealnih izolatorjev niti idealnih prevodnikov. Vendar pa obstajajo dobri izolatorji in dobri prevodniki. Dobri prevodniki so na primer srebro, baker in aluminij, dobri izolatorji pa steklo, guma, porcelan, polivinil in drugi.

2. V zgoraj opisani pripravi zamenjaj žarnico z galvanoskopom. Znova preizkusi prevodnost žice v reostatu. Kazalec galvanoskopa se odkloni, kar pomeni, da žica iz konstantana tok prevaja, čeprav ne tako dobro kot bakrena žica.

3. Preizkusi prevodnost krompirja. Večji krompir razreži na dva dela in en del položi na kovinsko ploščico iz zbirke. Žarnica verjetno ne bo zasvetila, toda kazalec galvanoskopa se bo odklonil, kar dokazuje, da krompir prepušča električni tok, in sicer tem bolj čim večja je kontaktna površina in čim močnejši je pritisk.

V nobenem primeru se ne smeš dotikati raztrganih električnih žic, ne glede na to, ali pripadajo vodu visoke napetosti ali pa gre za telefonsko oziroma telegrafsko napeljavo. Posebno nevarno je dotikati se voda z mokro roko ali mokrimi predmeti, ki jih držiš v rokah (na primer pri spuščanju zmajev).

Pripomočki: 2 x 5, 2 x 6, 4 x 7, 8, 14, 23, 24, 33, 35, baterija in razni predmeti.

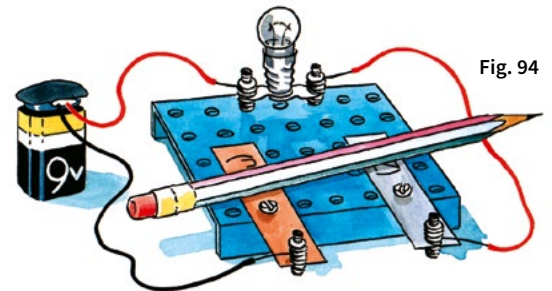


Fig. 94

95. UPOR VODA.

1. žarnico, tuljavo in baterijo spoji v tokovni krog, kakor kaže slika 95. žarnica le neznatno sveti. Očitno je, da skozi dolgo in tanko žico tuljave ne pride toliko toka kot skozi mnogo debelejšo in krajšo spojno žico.

če izločiš tuljavo iz tokovnega kroga, sveti žarnica s polnim sijajem. Vod daje toku odpor. Napravi podobne poskuse s tuljavo galvanoskopa in rotorja!

2. žarnico, tuljavo in baterijo zveži v tokovni krog. žarnica sveti le neznatno, toda preusmeri pozornost raje na drug pojav. Prekini tok! žarnica ugasne. Ali bo žarnica pri ponovni vzpostavitvi tokovnega kroga zasvetila v trenutku, ko bo tok vključen?

Ne. Od trenutka vključitve toka do pojava svetlobe poteče določen čas. Tuljava ne daje toku upora samo zaradi tega, ker je v njej zelo dolga žica, temveč tudi zato, ker je žica navita, ker je to tuljava, v kateri se ob vključitvi toka tvori drug, tako imenovani inducirani tok, ki je nasproten toku, ki se vključi. Od tod zakasnitev. To je induktivni upor, za razliko od galvanskega upora, ki ga da vod sam.

Pripomočki: 4 x 7, 8, 11, 14, 33, 35, baterija.

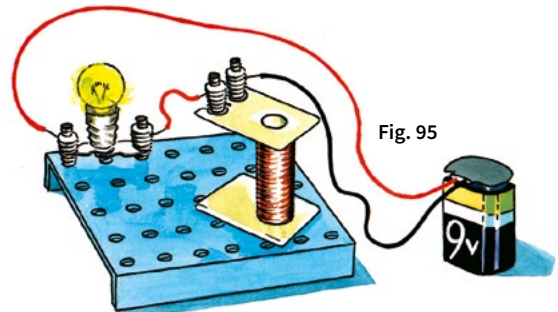


Fig. 95

96. UPORNIK ALI REOSTAT.

Zbirka vsebuje tudi pripravo, ki se imenuje upor ali reostat. To je jedro iz izolacijske snovi, na kateri je navita žica iz konstantana. žica iz konstantana ima velik električni upor. Zveži reostat, žarnico in baterijo v tokovni krog, kakor kaže slika 96.

če premikaš kontakt K vzdolž reostata, sveti žarnica močnejše ali šibkeje, odvisno od tega, ali se upor skrajšuje ali podaljšuje.

Pripomočki: 2 x 5, 2 x 6, 3 x 7, 8, 14, 30, 33, 35, baterija.

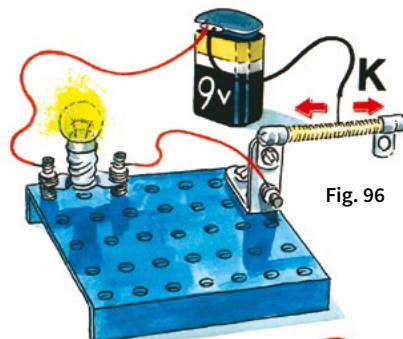


Fig. 96

97. ELEKTRIČNI GRELEC.

Vzpostavi tokovni krog, v katerem so baterija in pola našega reostata (slika 97).

Uporna žica, skozi katero teče tok, se segreje. Naredil(-a) si grelec. Po tem načelu so zgrajeni: električni rešo, likalnik, električni bojler, radiatorji in drugi aparati. V navedenih aparatih se električna energija pretvarja v toploto.

Pripomočki: 2 x 5, 2 x 6, 2 x 7, 8, 28, 30, 33, baterija.

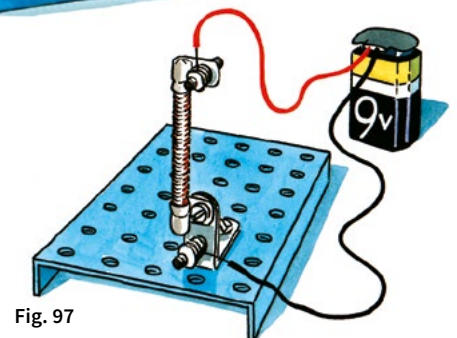


Fig. 97

98. ELEKTRIČNI VŽIGALNIK.

V manjšo deščico zabij dva žeblja v razmiku 1 cm. Med žebljema napni železno žico premera 0,1 mm. Na žico natrosi zdrobljene glavice vžigalic ter zveži žico z baterijo, kakor kaže slika 98. Glavice vžigalic se vžgo. Pod vplivom električnega toka se železna žica segreje ter povzroči vžig. Na opisani način delujejo mine v rudnikih in kamnolomih.

Pripomočki: 2 x 7, 33, železna žica, deščica, 2 žeblja, baterija.

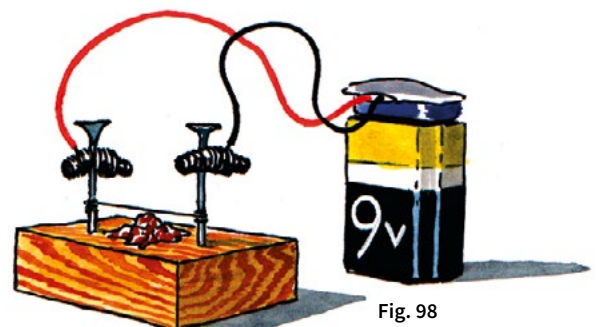
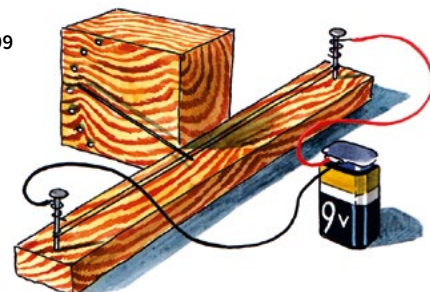


Fig. 98

99. AMPERMETER S TOPLO ŽICO.

V deščico dolžine 20 do 25 cm in širine 3 cm zabij dva debelejša žebelja. Med žebelja napni dvojno žico iz konstantana debeline 0,2 mm. Kot kazalec namesti (po sliki 99) majhno paličico iz lesa ali papirja. Napravi(-a) si model ampermetra s toplo žico. če spojiš konce žic z baterijo, se bo kazalec odklonil. žica se namreč zaradi toka segreje in zato podaljša. **Pripomočki: 33, 37, deska, 2 žebelja, paličica, baterija.**

Fig. 99



100. POTENCIOMETER.

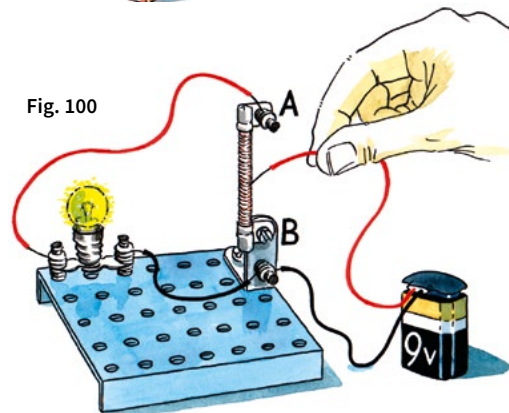
Žarnico, upor in žepno baterijo spoji, kakor kaže slika 100. V tem poskusu ima upor vlogo potenciometra.

Poskusi: S prostim koncem žice, ki vodi iz baterije, se dotakni potenciometra v točki A. žarnica sveti s polnim sijajem. Potegni s kontaktom od točke A do točke B! žarnica počasi ugaša in v točki B ugasa.

Ko teče tok skozi upor, pade v njem napetost. Pri priključku žarnice v točki A je žarnica zvezana direktno z baterijo in dobi zaradi tega polno napetost 9 V. S pomikanjem kontakta navzdol se napetost zmanjšuje, ker upor raste. Na pol poti je napetost 4,5 V, v točki B pa je napetost enaka nič.

Pripomočki: 5, 6, 4 x 7, 8, 14, 28, 30, 33, 35, baterija.

Fig. 100



101. OHMOV ZAKON.

Tri baterije po 1,5 V veži zaporedno. Tako prirejeno baterijo spoji z žarnico, kot kaže slika 101. če spojiš samo preko prve baterije (1,5 V), žarnica ne bo svetila. če spojiš preko druge baterije, bo napetost večja (1,5 V x 2 = 3 V), zato bo žarnica malo svetila. Pri spojitvi preko treh baterij, bo žarnica močnejše svetila, (1,5 V x 3 = 4,5 V). Preizkus bi lahko nadaljevali do števila 8 baterij (8 x 1,5 V = 12 V). žarnica je projektirana za napetosti 12 V. Iz zgornjega spoznaš, da je električni tok večji, čim večja je napetost. V preizkusu št. 96 si se naučil(-a), da je tok tem večji, čim manjši je upor voda.

Velikost električnega toka je torej odvisna od napetosti izvira toka in upora vodnikov oziroma porabnika. čim večja je napetost in čim manjši je upor, tem večji je električni tok. To je OHMOV ZAKON.

Če zaznamuješ tok, napetost in upor z mednarodnimi simboli:

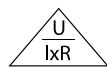
I = el. tok (merjeno v Amperih - A)

U = napetost (merjeno v Voltih - V)

R = upornost (merjeno v Ohmih - W) potem je

I = U / R

Da si obrazec lažje zapomniš, si pomagaj s trikotnikom Ohmvega zakona:



Če v tem trikotniku s prstom pokriješ velikost, ki jo iščeš, ugotoviš, da je:

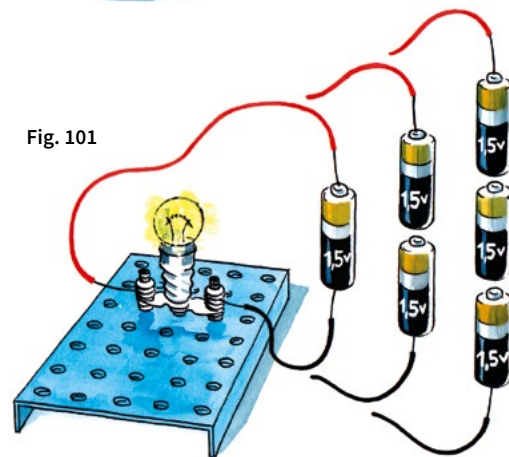
I = U/R

U = I x R

R = U/I

Pripomočki: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, 3 baterije.

Fig. 101

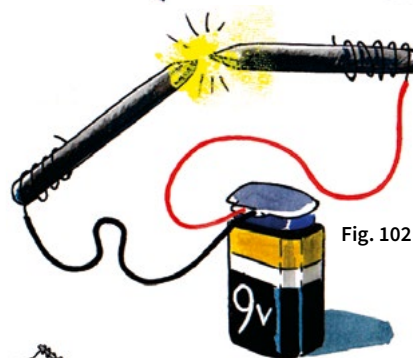


102. ELEKTRIČNI LOK.

Ošili dve ogljeni paličici in ju priključi na baterijo, kakor kaže slika 102. Konice paličic nasloni drugo na drugo in ju nato razmakni. Med paličicama se pojavi majhen, a zelo svetel električni lok. Uporabi dve ali več baterij. Napravi poskus pod vodo! Električni lok se je uporabljal kot vir svetlobe v prvih kinoaparatih. Včasih so ga uporabljali za javno razsvetljava.

Pripomočki: 33, 2 ogljeni paličici, baterija.

Fig. 102

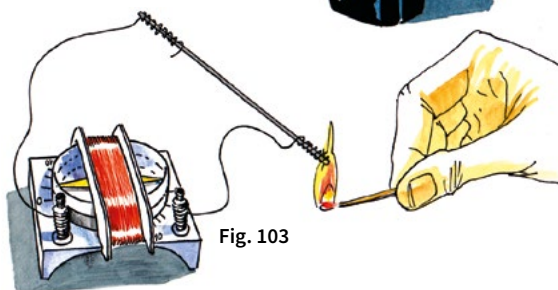


103. TERMOELEMENT.

Na oba konca železne palice, dolžine 12 do 13 cm, tesno pritrdi dva kosa 0,2 mm debele žice iz konstantana. Konca žice spoji z galvanoskopom, kakor nam kaže slika 103. Ko se kazalec umiri (rumeni kazalec mora kazati na 0), z vžigalico segrej eno spojno mesto. Element, ki si ga naredil(-a), se imenuje termoelement ter se ga uporablja zlasti v tehniki, med drugim za merjenje visokih temperatur v železarnah, keramični industriji itd.

Pripomočki: 1, 2 x 7, 9, 34, 37, vžigalica.

Fig. 103



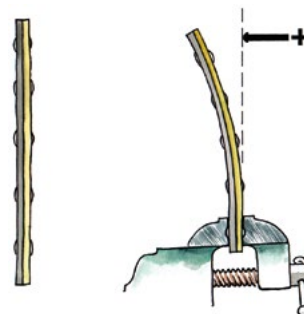
104. BIMETALNI TRAK.

Kos železne pločevine velikosti 10 x 1 cm in prav tolikšen kos cinkaste ali aluminijaste pločevine položi enega vrh drugega ter ju trdno spoji z zakovicami. če en konec tako nastalega bimetalnega traka učvrstiš in trak segreješ, se bo trak upognil. Cink ima namreč večji koeficient raztezanja kot železo.

Bimetalni trak se uporablja za izdelovanje termostatov. To so električne priprave, ki pri določeni temperaturi prekinajo tok. Brž ko temperatura pade (ali naraste), termostati tok zopet vključijo. (Slika 104 desno). Na ta način se vzdržujejo določene temperature v hladilnikih, štedilnikih, bojlerjih itd.

Pripomočki: železna in cinkasta pločevina, zakovice.

Fig. 104



105. MERJENJE VELIKOSTI UPORA.

Upor se določa z "Wheatstonovim mostom", ki ga prikazuje slika 105. Naredil(-a) ga boš na naslednji način:

1. Na desko dolžine 60 cm, širine 8 cm, zabij v razmiku 50 cm dva žebnja, med katerima napneš vzdolž deske uporno žico iz konstantana debeline 0,2 mm. Začetek in konec žice priključi na galvanoskop, ki mora biti obrnjen tako, da kaže rumeni kazalec na 0.

2. Ostali elementi mosta so upor R (v zbirki pod št. 33), o katerem veš, da ima upor 70 ohmov, tuljava, katere upor iščemo, in baterija. Zveze med temi elementi so prikazane na sliki.

3. Dotakni se uporne žice s kontaktom, ki vodi od baterije navzdol. Kazalec galvanoskopa se odkloni. Kazalec se bo odklonil tudi v primeru, če se uporne žice dotakneš na kakem drugem mestu. Našel pa boš mesto, na katerem se kazalec ne bo odklonil. To mesto si zapiši. Predpostavi, da je to mesto v točki C, ki deli uporno žico na dva neenaka dela, na del "d1" in na del "d2". Ta dva dela lahko izmeriš. Recimo, da je $d_1 = 30$ cm in $d_2 = 20$ cm. Upor tuljave izračunaš po formuli:

$$X = R \times d_1/d_2$$

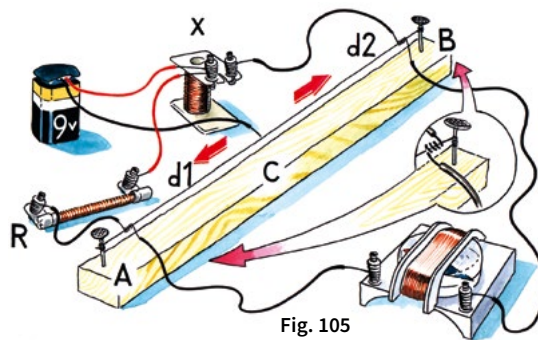
$$X = 70 \times 30/20$$

$$X = 105 \Omega$$

Tuljava ima torej upor 105 ohmov.

Obrazložitev gornje formule najdeš v učbeniku fizike.

Pripomočki: 1, 6 x 7, 11, 30, 33, 34, 37, baterija, deščica, 2 žebnja.



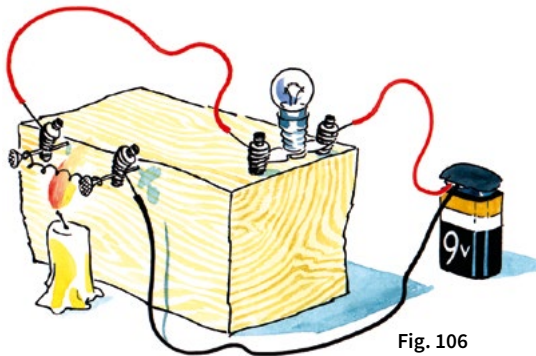
106. ODVISNOST UPORA OD TEMPERATURE.

1. V manjšo deščico zabij dva manjša žebnja in med njiju namesti majhno spiralo iz železne žice premera 0,1 mm.

Spiralo, žarnico in baterijo spoji v tokovni krog, kakor kaže slika 106. Ko vzpostaviš tokovni krog, žarnica zasveti. Če segreješ spiralo, bo žarnica ugasnila, kar je dokaz, da je zaradi visoke temperature upor železne žice narasel.

2. Naredi enak poskus s pomočjo spirale iste debeline iz konstantana. Upor konstantana se zaradi zvišanja temperature ne spremeni.

Pripomočki: 4 x 7, 14, 33, 35, deščica, 2 žebnja, železna žica, sveča, baterija.



ELEKTROMAGNETIZEM

107. ELEKTROMAGNET.

Na železno palico iz zbirke navij 20 do 30 ovojov bakrene žice. žici spoji z baterijo in palčico potopi v železne opilke. Brž ko vzpostaviš tokovni krog, postane palčica magnet. če tok prekineš, palčica magnetizem izgubi. Odkril(-a) si elektromagnet.

Pripomočki: 3, 2 x 7, 9, 33, 36, baterija.

OPOZORILO:

- Baterija v kratkem stiku!
- Baterija naj bo priključena samo kratek čas – kolikor je potrebno za razumevanje poskusa!
- Pazi da se ne opečeš!



108. OERSTEDOVO ODKRITJE.

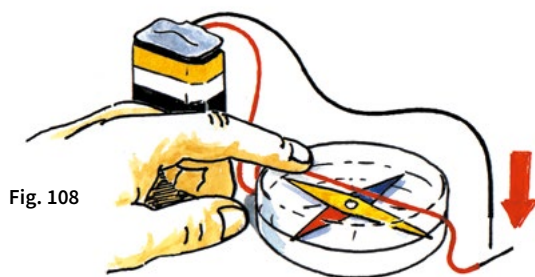
Tako kot do mnogih drugih odkritij je do odkritja elektromagneta prišlo povsem slučajno. Danski fizik Oersted je opazil, da se magnetna igla odklanja, če je v njeni bližini žica, skozi katero teče električni tok. Ponovi to odkritje!

Nad magnetno iglo v kompasu drži bakreno žico, katere konca za trenutek spoji s poloma žepne baterije. Magnetna igla se odkloni in ostane odklonjena, dokler teče tok. Brž ko tok prekineš, se magnetna igla vrne v prvotni položaj. če pola zamenjaš, se magnetna igla odkloni v nasprotno smer.

Pripomočki: 33, 34, baterija.

OPOZORILO:

- Baterija v kratkem stiku!
- Baterija naj bo priključena samo kratek čas – kolikor je potrebno za razumevanje poskusa!
- Pazi da se ne opečeš!



109. SEŠTEVANJE MAGNETNIH POLJ.

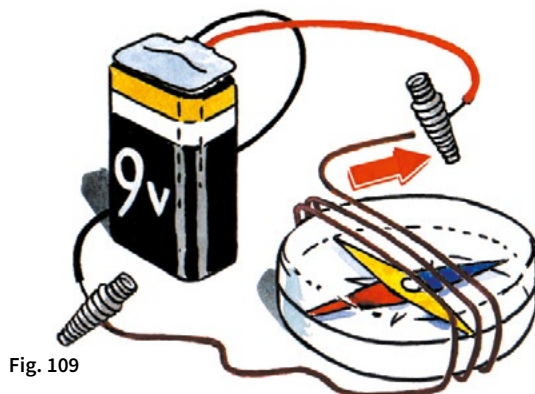
Ovij bakreno žico večkrat okoli kompasu in jo vsakokrat za trenutek spoji z baterijo. čim večkrat je žica ovita, tem večji bo odklon magnetne igle.

Očividno je, da ima v tuljavi vsak ovoj svoje magnetno polje in da se magnetna polja ovojov seštevajo. Na tem principu je narejen tudi naš galvanoskop in elektromagnet.

Pripomočki: 2 x 7, 33, 34, 36, baterija.

OPOZORILO:

- Baterija v kratkem stiku!
- Baterija naj bo priključena samo kratek čas – kolikor je potrebno za razumevanje poskusa!
- Pazi da se ne opečeš!



110. MAGNETNO POLJE VODA.

1. Skozi sredino večjega kosa lepenke potegni bakreno žico, kot kaže slika 110. Spoji žico z baterijo. S pomočjo kompasa preveri magnetno polje voda. Preveril boš obseg magnetnega polja in njegovo moč.

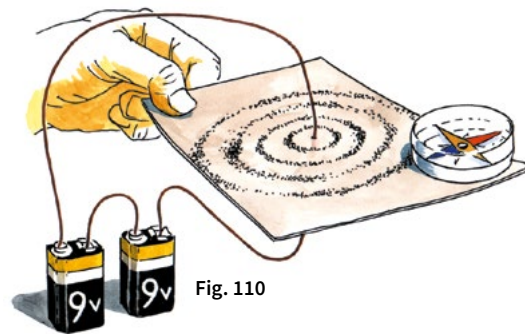
Preverjanje opravi na ta način, da tok neprestano prekinjaš in spajaš ter pri tem opazuješ odklon magnetne igle na raznih mestih.

2. Magnetno polje voda lahko preveriš tudi z železnimi opilki. Raztresi jih na lepenko, na katero narahlo potrkaš, da se razmestijo. Pri tem je potrebno več baterij.

Pripomočki: 3, 34, 36, lepenka, baterija.

OPOZORILO:

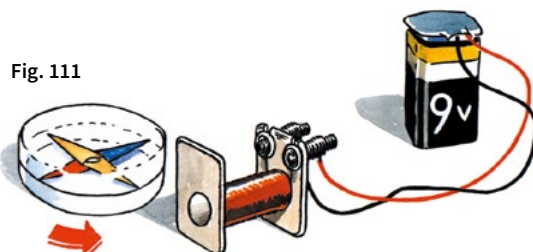
- Baterija v kratkem stiku!
- Baterija naj bo priključena samo kratek čas – kolikor je potrebno za razumevanje poskusa!
- Pazi da se ne opečeš!



111. TULJAVA KOT MAGNET.

V zbirki je tuljava s približno 100 ovoji izolirane bakrene žice. Tuljavo postavi približno 2 cm od kompasa in spusti skozi njene ovoje tok baterije (slika 111). Ko bo tok vključen, se bo magnetna igla odklonila in bo ostala odklonjena, dokler bo skozi tuljavo tek tok. Če pa tok izključiš, se magnetna igla povrne v svoj prvotni položaj.

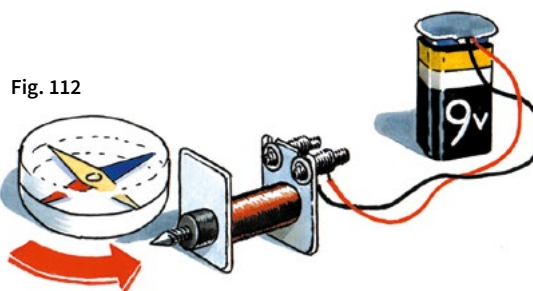
Pripomočki: 2 x 7, 11, 33, 34, baterija.



112. ŽELEZO V TULJAVI.

Ponovi poskus št. 111 in si zapomni v kolikšnem kotu se bo odklonila magnetna igla. Tok nato prekini in v tuljavo vstavi železno jedro (ne magnet) iz zbirke. Ko boš vključil(-a) tok, se bo magnetna igla močno odklonila. Železo v tuljavi močno poveča magnetizem tuljave.

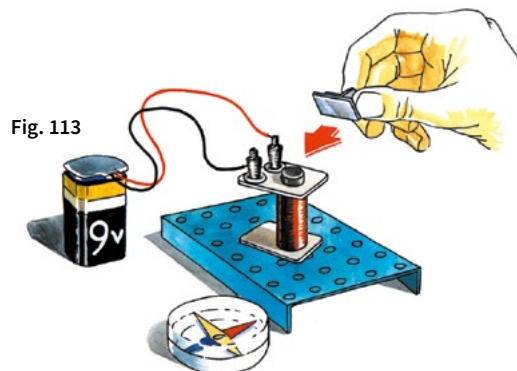
Pripomočki: 2 x 7, 11, 16, 33, 34, baterija.



113. ELEKTROMAGNET V OBLIKI PALICE.

Na plastični podstavek pričvrsti železno jedro, nanj nasadi tuljavo in jo spoji z žepno baterijo. Dobil(-a) si elektromagnet v obliki palice (slika 113). S poskusi se lahko prepričaš, da nastane elektromagnet v trenutku, ko vključiš tok; da s prekinitevjo toka magnet izgubi svojo moč in ostane v njem le neznatna sled magnetizma.

Pripomočki: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 33, 34, baterija.

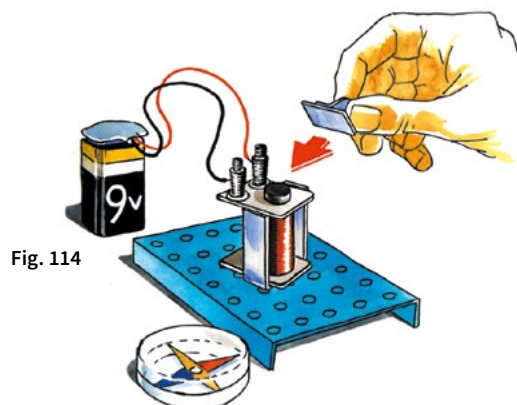


114. ELEKTROMAGNET V OBLIKI ČRKE U.

Železno jedro, ki si ga pri svojih poskusih že nekajkrat uporabil(-a), pričvrsti skupaj z jedrskim oklepom na plastični podstavek (slika 114). Na jedro natakni tuljavo, ki je spojena z baterijo. V trenutku, ko boš vključil(-a) tok, bo nastal zelo močan elektromagnet, veliko močnejši od onega iz poskusa št. 113, čeprav si uporabil(-a) isto baterijo in isto tuljavo.

Medtem ko v poskusu št. 113 nisi mogel(-a) s kotvo vzdigniti magneta s podstavkom, zdaj lahko dvigneš mnogo težji tovor. Zakaj je sedaj elektromagnet močnejši?

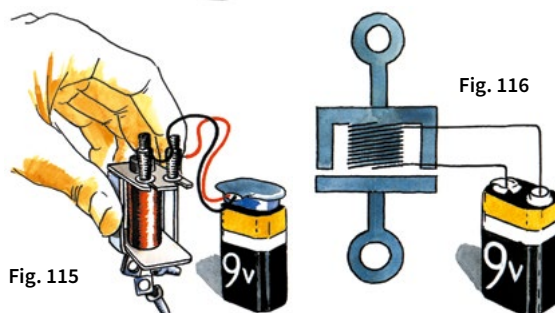
Pripomočki: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, 34, baterija.



115. ELEKTROMAGNETNO DVIGALO.

Iz delov zbirke lahko sestaviš majhno elektromagnetno dvigalo. Elektromagnet v obliki črke U iz poskusa št. 114 spoji z baterijo, kot kaže slika 115, potopi v škatlico z vijaki in ga prenese na drugo mesto. V trenutku, ko izključiš tok, tovor pade.

Pripomočki: 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 33, železni predmeti, baterija.



116. SKLEDASTI ELEKTROMAGNET.

Ta poskus lahko napraviš sam(-a), če imaš na voljo delavnico. V okrogli kos železa premera 6 cm, dolžine 3 cm, napraviš vdolbino širine 9 mm in globine 20 mm. Vanjo postavi tuljavo s približno 100 ovoji izolirane bakrene žice premera 0,3 mm. Konca žice povleci skozi izolirane luknje do baterije. Kotva je narejena iz okrogle železne plošče debeline 10 mm. S tem elektromagnetom in z uporabo baterije lahko dvigneš tovor, težak okoli 15 dag. Podobni magneti se uporabljajo v električnih dvigalih, ki lahko dvignejo tudi po nekaj deset ton tovora.

117. KATERI MAGNET JE MOČNEJŠI.

V zbirki najdeš dva magnetna, permanentni magnet, narejen iz zlitine AlNiCo, in elektromagnet, ki si ga pravkar spoznal(-a). Kateri od teh magnetov je močnejši? Da bi to ugotovil(-a), ponovi poskus št. 48-b, v katerem si preizkusil(-a) jakost permanentnega magneteta. Ta naprava je prikazana na sliki 117 levo. V skledico iz lepenke postavi toliko predmetov, kolikor jih magnet lahko nosi. Enak poskus naredi z elektromagnetom (slika 117 desno). Moč elektromagnetov je mnogo večja od moči permanentnih magnetov.

Pripomočki: 6, 2 x 7, 10, 11, 16, 17, 18, 33, lepenka, vrstica, baterija.

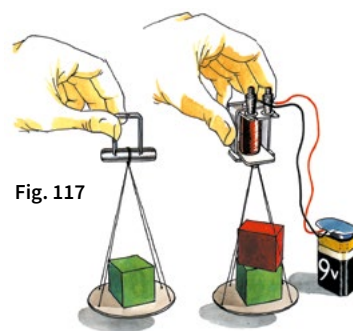


Fig. 117

118. MAGNETNI SPEKTRUM TULJAVE.

1. V sredini lepenke, velikosti dopisnice, izreži z nožem pravokotno odprtino, dolžine 30 mm in širine 21 mm. Do polovice potisni vanjo tuljavo iz zbirke. Spoji jo z baterijo in na lepenko natrosi železnih opilkov. Primerjaj magnetni spektrum tuljave s spektrom permanentnega magneteta iz poskusa št. 40.

2. Pri gornjem poskusu vstavi v tuljavo železno jedro in poskus ponovi.

Pripomočki: 3, 2 x 7, 11, 16, 33, karton, baterija.

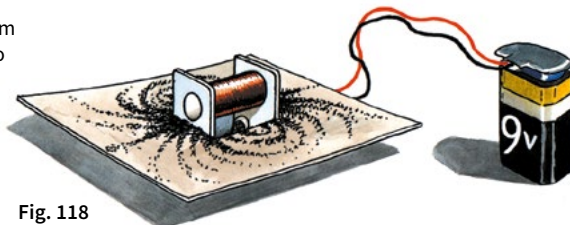


Fig. 118

119. ŽEBELJ V TULJAVI.

Tuljavo iz zbirke spoji z baterijo, kot vidiš na sliki 119, in v odprtino tuljave vstavi žebelj srednje velikosti. Če sedaj tuljavo vzdigneš, žebelj ne bo odpadel. Nanj delujeta dve sili. Ena je gravitacija (težnost), druga pa magnetizem. Druga je očitno močnejša.

Pripomočki: 2 x 7, 11, 33, žebelj, baterija.

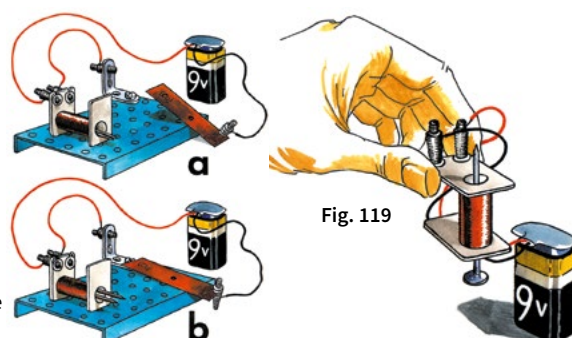


Fig. 119

120. DVA ŽEBLJA V TULJAVI.

Na plastični podstavek položi tuljavo in njeno odprtino vstavi dva žebelja, s katerih si odstranil(-a) glavici. Tuljavo spoji z baterijo. Pri vkapljanju in izklapljanju toka opaziš, da se žebelja premikata. Pri izključenem toku zavzemata položaj, kot je prikazan na sliki 120 a, ko pa tok vklopiš, se razmakneta, kot na sliki 120 b. Žebelja se namagnetita. Ker imata na isti strani istoimenska pola, se odbijata.

Pripomočki: 5, 6, 4 x 7, 8, 11, 24, 28, 33, 2 žebelja, baterija.

Fig. 120

121. AMPERMETER Z MEHKIM ŽELEZOM.

V odprtino tuljave vstavi žebelj ter ga z vrstico ali gumico priveži, kakor kaže slika 121. V odprtino tuljave vstavi kazalec, ki ga narediš iz dveh kosov pločevine (iz stare pločevinaste škatle). Velikost prvega kosa naj bo 40 x 5 mm, drugega pa 60 x 2 mm in debeline 0,2 – 0,4 mm. Ta dva kosa zveži, kakor ti kaže slika 121. Tanjši konec upogni nekoliko proti levi. Če spojiš tuljavo z baterijo, se bosta žebelj in kazalec istoimensko namagnetila ter se odbila. S pomočjo pravega ampermetra lahko napravo umeriš in narediš mersko lestvico.

Pripomočki: 2 x 7, 11, 33, 2 kosa pločevine, košček lesa, žebelj, gumica, baterija.

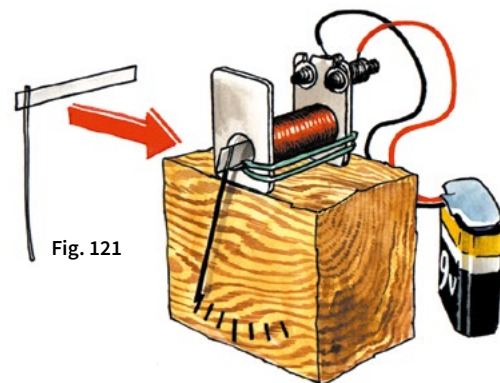


Fig. 121

122. DRUGA IZVEDBA AMPERMETRA.

Žico iz konstantana ovij na železno palico približno 20-krat. Na vzmet, ki si jo tako dobil(-a), obesi železno jedro. En del jedra vstavi v tuljavo (slika 122) in jo spoji z baterijo. Tuljavo povleče jedro tem močnejše, čim močnejši je tok. S pomočjo kazalca in skale lahko zabeležiš globino pomikanja oziroma moč toka.

Pripomočki: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 2 x 20, 28, 33, 37, baterija.

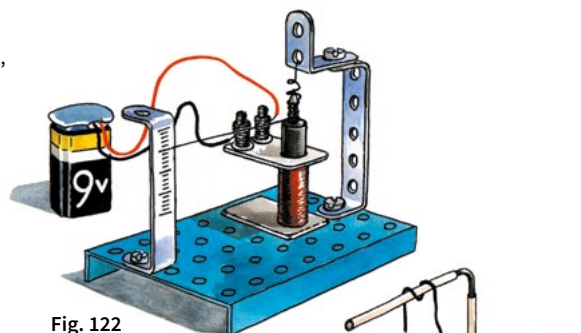


Fig. 122

123. MERSKI INSTRUMENT S PREMIČNIM SVITKOM.

Na plastični podstavek pričvrsti dvakrat upognjeni trak 60 x 12 mm, nanj pa drugega v vodoravnem položaju. Na vodoravni trak pričvrsti z ene strani železno jedro, z druge pa magnet. Tako nastane močen podkvast magnet z magnetnim poljem med krakoma. Med krakoma je svitek iz izolirane bakrene žice debeline 0,16 mm. Svitek ima 10 do 12 ovojev premera 10 mm in je narejen po sliki 123 levo. Način pritrdjevanja svitka je prikazan na sliki. Obešen je na kavelj iz gole bakrene žice, katere en konec vodi preko stojala iz papirnatih cevčic (glej poskus št. 20) na pozitivni pol, drugi pa preko podstavka na negativni pol baterije.

Če vzpostaviš tokokrog, se bo svitek obrnil na levo ali desno, odvisno od tega, v kateri smeri teče tok. Na ta način so zgrajeni precizni električni merski instrumenti. Odklon svitka ti bo pojasnil naslednji primer.

Pripomočki: (20), 2 x 5, 3 x 6, 10, 16, 2 x 29, 33, 36, baterija.

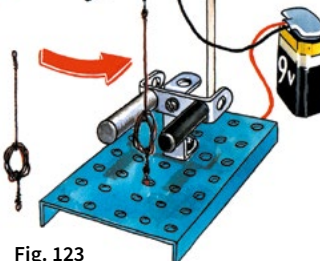


Fig. 123

124. VOD V MAGNETNEM POLJU.

Na plastični podstavek pričvrsti dvakrat upognjeni trak 38 x 12 mm, nanj pa železno jedro in magnet. V magnetno polje tako nastalega podkvastega magneta obesi na 10 cm dolgi bakreni žici os z navojem, s katere si poprej snel(-a) matice. Pri tem si pomagáš s stolalom iz papirnatih cevčic, ki so opisani v poskusu št. 20. Če vzpostaviš tokokrog, se bo os obrnila v levo ali desno, v tisto smer, v katero teče tok. Med krakoma magneta obstaja zelo močno magnetno polje.

Magnetno polje nastane tudi okoli voda v trenutku, ko vključimo tok. O magnetnih poljih veš, da se privlačijo, oziroma odbijajo, odvisni od tega ali so istoimenska ali raznoimenska. Opisani poskus je pomemben za razumevanje delovanja elektromotorja.

Pripomočki: (20), 5, 2 x 6, 10, 12, 16, 29, 33, 36, baterija.

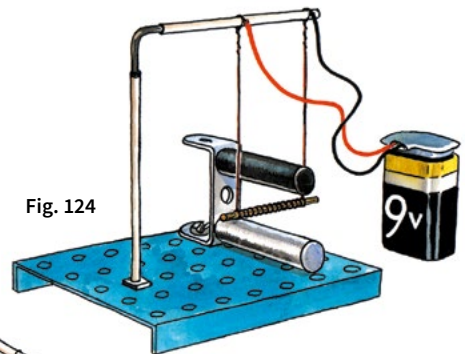


Fig. 124

125. BLOKIRANJE ELEKTROMAGNETA.

Na plastični podstavek pritrdi elektromagnet izdelan po sliki 125. Na stojalo iz papirnatih cevčic (glej poskus št.20) obesi na bombažno nitko dvakrat upognjen trak 38 x 12mm oddaljen od elektromagneta za 1 cm. Če vključiš tok, bo elektromagnet privlačil železni trak. Če postaviš med elektromagnet in železni trak razne predmete, kot na primer bakreno pločevino, pocinkano pločevino, lepenko, steklo, železno pločevino, ugotoviš, kateri predmeti prepuščajo magnetno polje in kateri ga blokirajo (zaprejo).

Pripomočki: (20), 5, 2 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 28, 29, 33, bombažna nit, baterija.

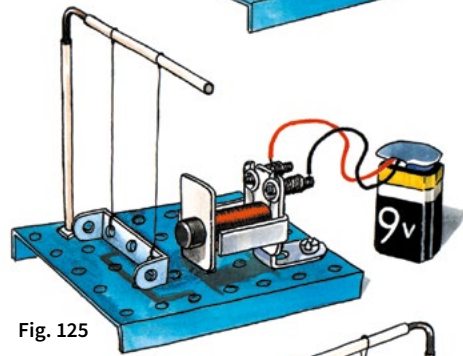


Fig. 125

126. ELEKTROMAGNETNA ZAVORA.

Na stojalo iz papirnatih cevčic (glej poskus št.20), ki si ga pritrdil na plastični podstavek, obesi na bombažno nitko zvonec z odprtino navzdol. Pod zvonec pritrdi na plastični podstavek elektromagnet iz prejšnjega poskusa. Zvonec označi na obodu z eno črtico in ga zavrti (navij) za tri obrate. Izpusti ga in šteje, koliko obratov bo naredil, da se vrne v začetni položaj.

Ko se zvonec sam od sebe popolnoma umiri, vključi tok in zvonec ponovno zavrti. Šteje obrate. Elektromagnet zvonec zavira! To je princip elektromagnetne zavore, ki ima v tehniki velik pomen.

Pripomočki: (20), 6, 2 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 33, bombažna nit, baterija.

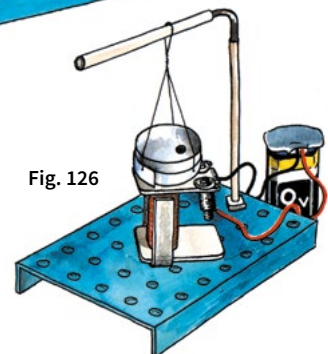


Fig. 126

ELEKTROMAGNET V TEHNIKI

127. MORSEJEV TELEGRAFSKI APARAT.

Na plastični podstavek pričvrsti elektromagnet, ki ga sestavljajo jedro podloženo z matico, oklep in tuljava. V neposredni bližini elektromagneta je v vodoravnem položaju kotva K. To je dvakrat zapognjen trak 60 x 12 mm, pritrjen na navpični trak. Z desne strani kotve je pritrjen kotnik 25 x 25 mm, v katerega pritrdiš majhen svinčnik. Stikalo iz bakrene ploščice, kotnika 25 x 25mm in vzmetnih sponk pritrdi na plastični podstavek (slika 127).

Telegrafski aparat spoji z baterijo. Elektromagnet privleče kotvo.

Če tok prekineš, se kotva vrne v prejšnji položaj. Na trak, ki pri pravih aparatih drsi pod svinčnikom, piše le-ta pike ali črtice, odvisno od tega, koliko časa je bil tok spojen. Iz pik in črtic je sestavljena Morsejeva abeceda (poskus št. 85).

Pripomočki: 5 x 5, 6 x 6, 6 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 24, 2 x 28, 29, 33, baterija, svinčnik, papir.

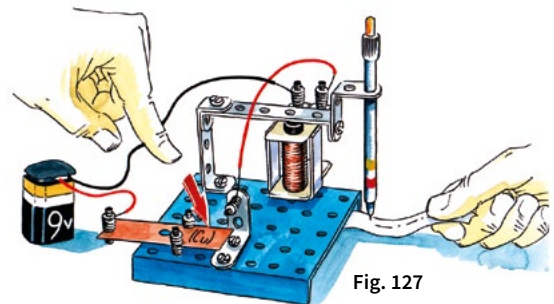


Fig. 127

128. MORSEJEV KLJUČ.

Za delovanje telegrafskih aparatov je Morse konstruiral posebno stikalo, ki omogoča izmenično vključevanje in izključevanje dveh telegrafskih aparatov. Tako stikalo si lahko sam(-a) napraviš.

Uporabi bakreno ploščico, kotnika 25 x 25mm in sponke vzmetne, vse pritrdi na plastični podstavek.

Kotnika z vijaki predstavljata levi in desni kontakt (slika 128). Morsejev ključ ima tri vode. Tok prihaja preko srednjega. S premikanjem vzvoda na eno in drugo stran lahko spelješ tok preko levega ali desnega kontakta. Delovanje Morsejevega ključa bomo najlaže spoznali pri povezavi dveh telegrafskih aparatov.

Pripomočki: 7 x 5, 8 x 6, 7 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 23, 3 x 28, 29, 33, baterija.

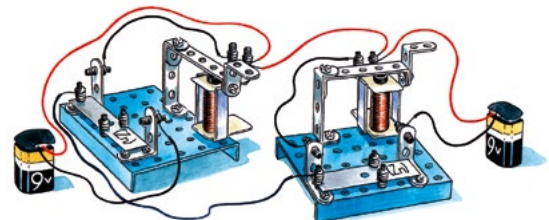


Fig. 128

129. ELEKTRIČNE SHEME.

Na sliki 129 sta shematsko prikazana dva Morsejeva telegrafska aparata in dva ključa.

Oznake pomenijo:

T = Morsejev telegrafski aparat

B = baterija

K = Morsejev ključ

Z = zemlja

Na zgoraj opisani način sta na primer povezani dve železniški postaji. Železnice so nekoč uporabljale Morsejeve telegrafske aparate. Po tej shemi se lahko ravnaš, če imaš dve zbirki Elektropionirja. En aparat postavi v eni in drugega v drugi sobi ter telegrafiraj. Iz prve sobe vodita v drugo dve žici. Na železnici se pri Morsejevem aparatu uporablja samo ena žica, namesto druge se uporablja zemlja, za kontakt z zemljo pa dve zakopani kovinski plošči.

Pripomočki: dva telegrafska aparata, dva ključa, dve bateriji.

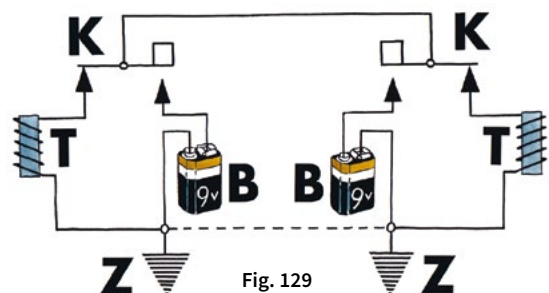


Fig. 129

130. WAGNERJEVO KLADIVO.

Fizik Wagner je iznašel električno pripravo, ki samodejno vključuje in prekinja električni tok. Ta priprava se imenuje Wagnerjevo kladivo in je v tehniki pogosto uporabljena. Napravi ga takole: S pomočjo kotnika 25 x 25 mm, pritrdi elektromagnet na plastični podstavek. Na drugi kotnik pritrdi kladivce za zvonec, tako da je kladivce 2 do 3 mm oddaljeno od elektromagneta. Tok mora teči po taki poti: iz baterije preko žice, ki jo sedaj še držiš z roko, na kladivce, s kladivca na kotnik in sponko vzmetno, nato preko spojne žice v tuljavo in iz tuljave v baterijo. Ko vzpostaviš tokovni krog, začne kladivce vibrirati. S tem prekinja in vključuje tok. V trenutku, ko elektromagnet kladivce privleče, se tok prekine, ker se je kladivce odmaknilo od kontakta. Zaradi tega magnet neha delovati. Kladivce se zaradi prožnosti peresa vrne v svojo prejšnjo lego in s tem znova vzpostavi tokovni krog - igra se ponavlja.

Pripomočki: 4 x 5, 5 x 6, 3 x 7, 8, 11, 16, 17, 2 x 28, 31, 33, baterija.

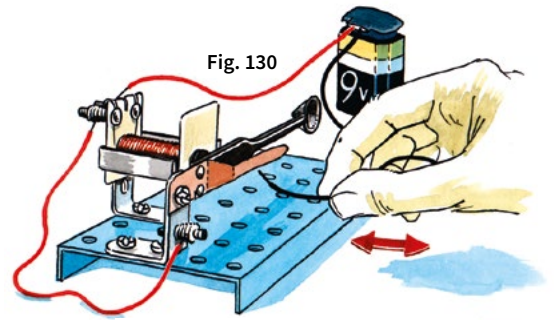


Fig. 130

131. ELEKTRIČNI ZVONEC.

Ko si naredil(-a) Wagnerjevo kladivo, ti ne bo težko napraviti električni zvonec. V ta namen je treba še pričvrstiti vijak za uravnavanje in zvonec. Vijak za uravnavanje se sestoji, kakor vidimo na sliki 131, iz kotnika, na katerem je pritrjen zatični vijak, in iz dveh matic. Zvonec pritrdi na plastični podstavek z osjo z navojem in štirimi maticami. Električni vodi so vidni na sliki 131.

Pripomočki: 5 x 12, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33, baterija.

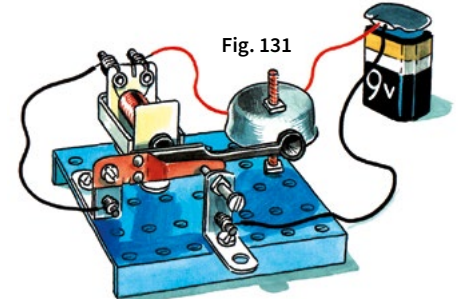


Fig. 131

132. ELEKTRIČNI ZVONEC KOT VRATAR.

Na shemi 132 je prikazan spoj električnega zvonca, baterije in tipkala. Tako vgradiš zvonec - vratar. Zvonec in baterija sta v stanovanju, medtem ko je tipkalo pri vhodu. Oseba, ki te želi obiskati, pritisne na tipkalo. S tem se vzpostavi tokovni krog in zvonec začne zvoniti. S pomočjo drugega elektromagneta lahko tudi odpremo vrata obiskovalcu.

Pripomočki: električni zvonec, baterija, tipkalo, žica za spajanje.

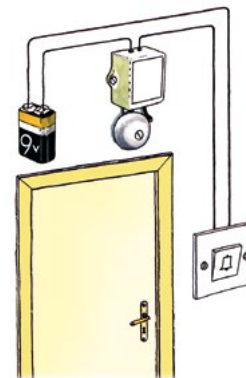


Fig. 132

133. ZVONEC Z VEČ TIPKALI.

V bolnicah, hotelih, železniških vagonih in drugod je potrebno, da določene osebe, na primer vratarja, bolničarko ali sprevednika, lahko kličejo z več mest. Slika 133 ti prikazuje shematični spoj zvonca z baterijo in tipkalom. Na opisani način je na primer izvedena signalizacija v spalnih vlakih.

Na hodniku je nad vsakimi vrati rdeča signalna ploščica, ki "pade", kadar zvonec zazvoni in tako sprevednik ve, kateri potnik ga kliče. Signalne ploščice s številkami sob imajo tudi v bolnicah in hotelih. Tudi te delujejo s pomočjo elektromagneta.

134. SIGNALNE NAPRAVE.

Iz tanke pločevine naredi stikalo, kakor kaže slika 134. Pločevina mora biti 10 mm široka in 60 mm dolga. Sklopko pritrdi nad vrati tako, da se pločevini dotikata, če se vrata odpro, in razmakneta, kadar se vrata zapro. Če sklopko spojiš z baterijo in električnim zvoncem, dobiš signalno napravo, ki ti bo sporočala, kdaj se vrata ali okno odpre. Opisana naprava se uporablja za zavarovanje trgovin, skladišč in domov.

Pripomočki: zvonec, košček pločevine, žica za spajanje, baterija.

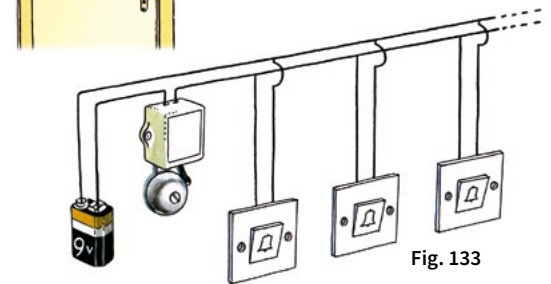


Fig. 133

135. ELEKTRIKA JAVLJA NIVO VODE.

Nivo vode ali druge tekočine v rezervoarjih tovarn in laboratorijev ne sme biti nad ali pod odrejeno točko. Te točke varuje tok, kot je shematsko prikazano na sliki 135.

V tekočino je potopljen plovec, ki se skupaj s tekočino dviga in spušča. Če pride do kritične zgornje meje, vzpostavi kontakt A tokokrog in električni zvonec opozarja, da je nekaj narobe. Če pa se voda spusti pod dovoljeno točko, signalni sistem vključi kontakt B. Obstaja tudi možnost popolnoma avtomatskega reguliranja nivoja tekočine. Eden od navedenih kontaktov odpira, drugi pa zapira dovod oziroma odvod.

P = plovec

T = kolo

U = utež

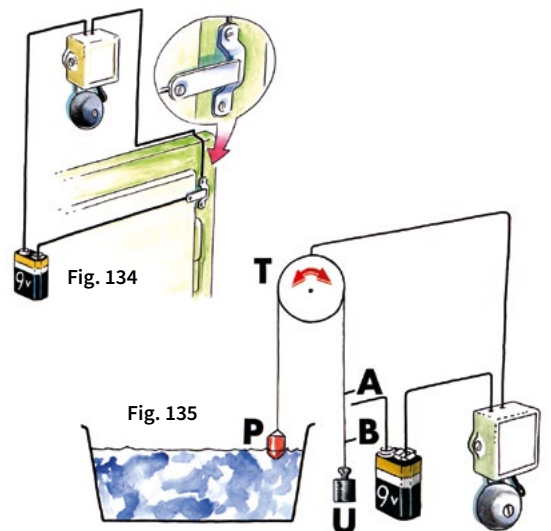


Fig. 134

Fig. 135

136. FIZIOLOŠKO DELOVANJE ELEKTRIČNEGA TOKA.

Tok deluje na naše telo. To delovanje boš preveril(-a) z nekoliko poskusi.

1. V levo roko primi bakreno ploščico, v desno cinkovo in se z njima dotakni polov baterije, kot vidiš na sliki 136 levo. Čeprav se predpostavlja, da teče skoze naše telo tok, ko vzpostaviš kontakt, tega ne čutiš.

2. Kovinski ploščici spoji s tuljavo, v kateri je železno jedro (slika 136 desno). Ploščici drži v rokah ter tok spajaj in prekinjaj. Pri spajanju, kot tudi prej, ne čutiš ničesar, medtem ko občutiš pri prekinjanju močne električne sunke.

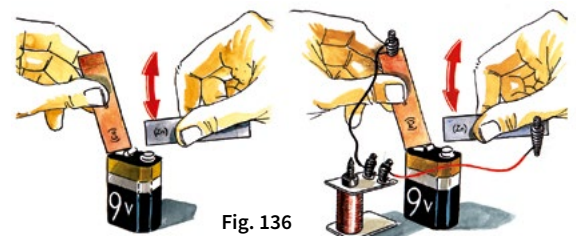


Fig. 136

Ti sunki potekajo iz tuljave, ker je zveza v tem trenutku prekinjena. Da lahko ta pojav pojasniš, boš ponovil(-a) poskus št. 95. Pri tem poskusu si spoznal(-a) induktivni upor, ki nastane v tuljavi, ko tuljavo vključiš v tokokrog. Tedaj se okoli tuljave ustvarja magnetno polje. Ko prekineš tok, se magnetno polje zruši in zaradi tega pride ponovno do inducirane sanka, ki si ga občutil(-a).

Pripomočki: 4 x 7, 11, 16, 23, 24, 33, baterija.

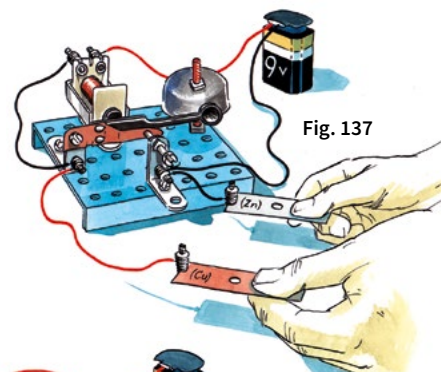


Fig. 137

137. INDUKCIJSKI APARAT.

Od električnega zvonca do indukcijskega (samoindukcijskega) aparata je samo korak. Medtem ko zvonec zveni, spoji z njim dve kovinski ploščici, eno z vijakom za uravnavanje, drugo pa s kotnikom, ki nosi kladivce (slika 137). Če so roke suhe, boš občutil(-a) rahel tok, če pa so mokre, bo tok močan. Očividno je, da ima tok, ki te trese, večjo napetost, kot je napetost žepne baterije.

Pripomočki: (131), 23, 24, 33.

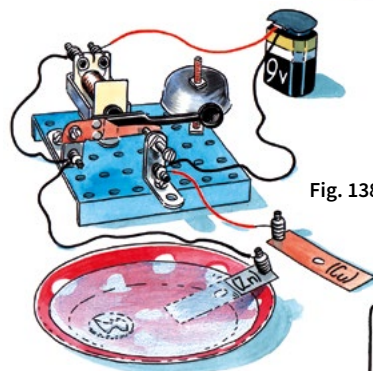


Fig. 138

138. ELEKTRIZIRANJE SKOZI VODO.

Kovinsko ploščico iz poskusa št. 137 spusti v polno skledo vode. V vodo položi tudi kovanec. Medtem ko zvonec zveni, z desno roko trdno primi drugo kovinsko ploščico, z levo roko pa poskusi vzdigneti kovanec iz vode. Pri dotiku z vodo občutiš zelo močan sunek in kovanca ne moreš vzdigniti, ker te zgrabi v roko močan krč.

Z mokrimi rokami se je zelo nevarno dotikati električne instalacije.

Pripomočki: (137), skleda vode, kovanec.

139. ZEMLJA KOT PREVODNIK.

Elektrodo, ki je bila pri prejšnjem poskusu v vodi, zabodi v vlažno zemljo, na kateri stojiš bos. Drugo elektrodo primi v roko. Vlažna zemlja je zelo dober prevodnik elektrike. Slika 139 je delni shematski prikaz poskusa.

Pripomočki: (137).

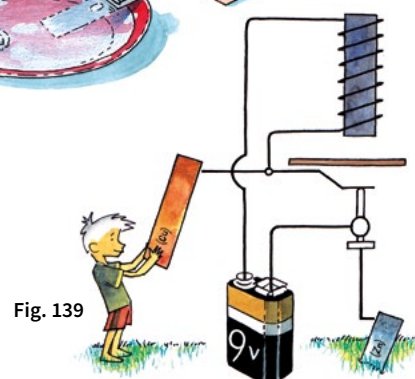


Fig. 139

140. RELE.

Releji so priprave, ki omogočajo, da se s pomočjo šibkega toka vključi ali izključi drugi močnejši tokokrog. Eni vključujejo, drugi izključujejo tok. Narediš lahko ene in druge. Na sliki 140 je prikazan rele za vklopavanje. V prvem tokokrogu sta elektromagnet in baterija (I). Če vključiš tokokrog, pritegne magnet kladivce, to poveže drugi tokokrog, v katerem so žarnica, baterija (II) in kladivce. Žarnica sveti. Ni težko napraviti spremembe, s katerimi se rele za vklopavanje spremeni v rele za izklopavanje.

Pripomočki: 3 x 5, 3 x 6, 6 x 7, 8, 11, 14, 16, 2 x 29, 31, 33, 35, 2 bateriji.

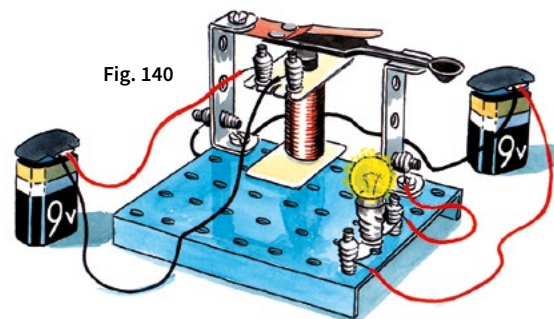


Fig. 140

141. PASTIRSKI TELEFON.

Ko smo pasli krave, smo se igrali s pastirskim telefonom, ki je sestavljen iz dveh valjev iz lepenke in je z ene strani prevlečen s pergamentnim papirjem. Lahko uporabiš plastični lonček od jogurta. Med telefona napnemo tanko nit, ki mora biti med telefoniranjem napeta. Medtem ko eden govori, drugi posluša in obratno. Med govorom se trese membrana iz pergamentnega papirja. Ti treslaji se po napeti niti prenašajo na drugo membrano, ki se zaradi tega prav tako trese, in to se sliši. S takim telefonom se ne moreš pogovarjati na velike daljave, kot tudi ne izza vogala.

Pastirskemu telefonu je podoben Bellov telefon. Tudi ta ima dva enaka dela. V vsakem delu sta permanentni magnet, železno jedro in tuljava, pred elektromagnetom pa tanka železna membrana. Če govoriš v membrano, menjaš s tem magnetno polje, zaradi tega nastaja v tuljavi tok, ki se po dveh žicah prenaša na drug telefon ter tam povzroči vibriranje membrane. Bellov telefon je odstopil svoje mesto današnjemu telefonu, ki je sestavljen iz slušalke in mikrofona.

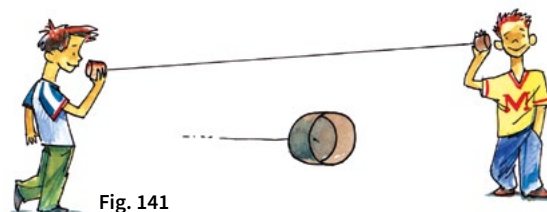


Fig. 141

142. PRETVARJANJE ELEKTRIKE V ZVOK.

Na sliki 142 je shematsko prikazana naprava, s pomočjo katere lahko pretvoriš elektriko v zvok. Na plastičnem podstavku je elektromagnet, sestavljen iz jedra, oklepa in tuljave. Nanj postavi pokrov škatle od bonbonov (železna pločevina). Med poskusom pokrov neznatno privzdigni.

To je membrana. Če tok vklapljaš in prekinjaš, se sliši klopotanje membrane. Pri spojitvi tokokroga elektromagnet privleče membrano, pri prekinitvi se ta zaradi elastičnosti vrne v prejšnji položaj. Na tej osnovi je zgrajena slušalka, ki jo boš napravil(-a) pri naslednjem poskusu.

Pripomočki: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, pokrov iz pločevine, baterija.

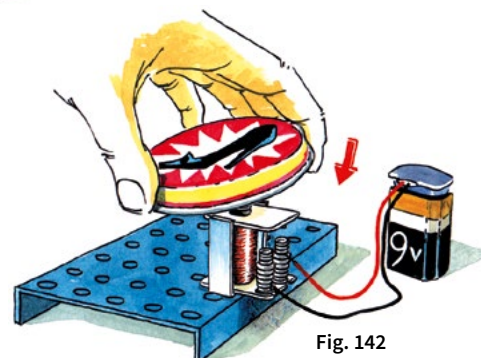


Fig. 142

143. SLUŠALKA.

Z dvema dvakrat upognjenima trakoma 38 x 12 mm in z dvakrat upognjenim trakom 60 x 12 mm, pritrdi membrano in elektromagnet, tako da je membrana 1 do 2 mm oddaljena od elektromagneta. Slušalko spoji z baterijo, kot vidiš na sliki 143. Membrana se ne sme dotakniti elektromagneta ob vključitvi toka, a tudi ne sme biti od njega preveč oddaljena. Ko vklapljaš tok elektromagnet privleče membrano, ko prekiš tok pa sprosti membrano. Sliši se karakteristično "klokotanje".

Pripomočki: 4 x 5, 6 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 20, 22, 2 x 29, 33, baterija.

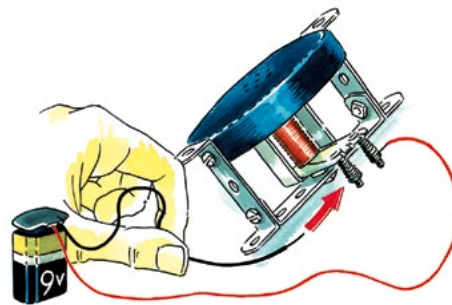


Fig. 143

144. PILA KOT PREKINJEVALEC TOKA.

Slušalko iz prejšnjega poskusa spoji z baterijo preko pile, kot je prikazano na sliki 144. Z enim kontaktom vleci po pili. V slušalki slišiš šumenje, ki nastane zaradi prekinjanja toka.

Pripomočki: (143), pila.

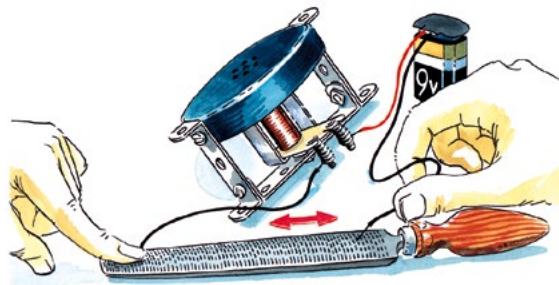


Fig. 144

145. AVTOMOBILSKA SIRENA.

Za izvedbo tega poskusa potrebuješ slušalko (slika 143), baterijo in spojne žice. En pol tuljave elektromagneta spoji z membrano, drugega pa z baterijo. Z drugim polom baterije se z občutkom dotikaj membrane (dovoli da membrana vibrira), kot kaže slika 145.

Pripomočki: (143), 7.

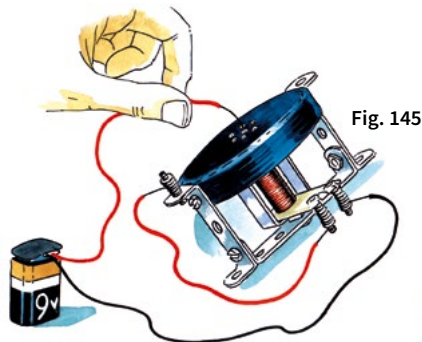


Fig. 145

146. MIKROFON.

V zbirki je zelo enostaven, a občutljiv mikrofonski. Ima dva osnovna sestavna dela: membrano, kakršna je v slušalki (s to razliko, da je narejena iz plastične mase), in tri kontakte, od katerih sta dva železna, pritrjena na membrano, medtem ko je tretji iz oglja in se dotika na prej omenjena kontakta.

Baterijo, mikrofonski in žarnico spoji v tokovni krog, kakor kaže slika 146. Če pritisneš s prstom na prosto oglje, žarnica sveti. Čim močnejši je pritisk, tem močnejše žarnica sveti. Zaradi močnejšega ali šibkejšega dotika oglja prepušča mikrofonski močnejši ali šibkejši tok, kar dosežeš tudi pri govoru.

Pripomočki: 2, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7, 8, 14, 2 x 28, 33, 35, baterija.

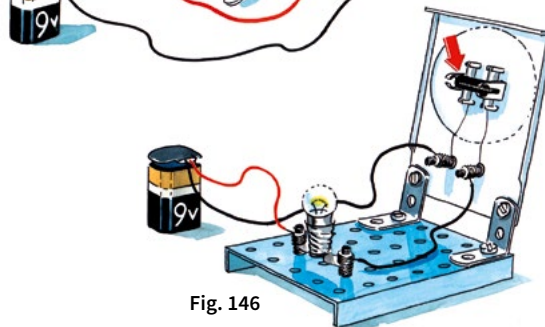


Fig. 146

147. TELEFON.

Če spojiš slušalko iz poskusa št. 143, mikrofonski iz prejšnjega poskusa in baterijo, dobiš telefon, pripravo s katero prenašamo govor na veliko daljavo. Žepno uro, ki jo položiš na plastični podstavek, slišiš v slušalki.

Zaradi tiktakanja ure vibrira membrana mikrofona. Ogljena paličica prepušča enkrat močnejši in enkrat šibkejši tok, elektromagnet v slušalki pa enkrat močnejše in enkrat slabše privlači membrano. Zato se zrak trese in to slišimo.

S tvojim telefonom lahko prenašaš tudi govor. V ta namen pusti mikrofonski v eni sobi, slušalko pa prenesi v drugo sobo, rabiš daljše žice.

Pripomočki: (143), (146), žepna ura.

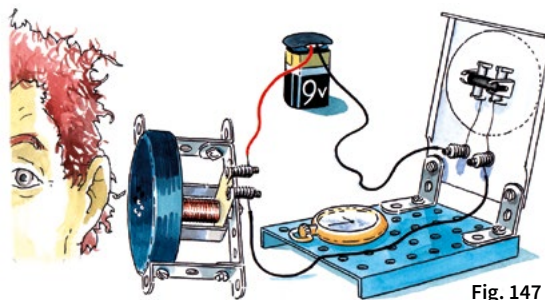


Fig. 147

GENERATORJI IN ELEKTROMOTORJI

148. PRETVARJANJE MEHANIČNE ENERGIJE V ELEKTRIČNO.

1. Tuljavo spoji z galvanoskopom (slika 148). S hitro krettno vloži v votlino tuljave magnet. Kazalec galvanoskopa se odkloni, vendar se hitro povrne v svojo prejšnjo lego. Če s hitro krettno izvlečeš magnet, se kazalec odkloni v nasprotno smer.

2. Obrni magnet in ga najprej vloži, nato pa potegni iz tuljave! Tudi sedaj nastane tokovni sunki.

Kako nastaja pri tem poskusu električni tok? Iz prejšnjih poskusov veš, da je magnet nosilec magnetnega polja. Če vložiš magnet v tuljavo, sečejo magnetne silnice ovoje tuljave. Zaradi indukcije nastane v njih tok. Tok pa traja samo dotlej, dokler se magnetno polje spreminja.

To je eden od najvažnejših poskusov s področja elektrike. Na tem načelu so zgrajeni generatorji. To so stroji, v katerih se mehanska energija pretvarja v električno energijo.

Pripomočki: 1, 4 x 7, 10, 11, 33, 34.

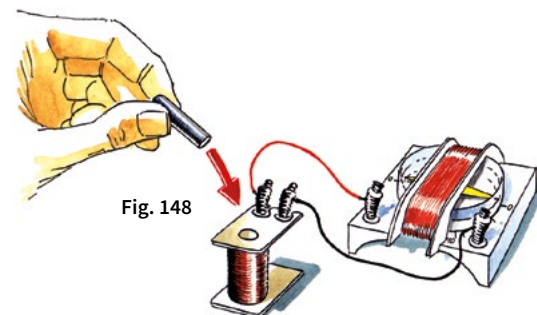


Fig. 148

149. GENERATOR IZMENIČNEGA TOKA.

V tuljavo vložijo železno jedro, nakar spoji tuljavo z galvanoskopom ter počakaj, da se kazalec postavi na 0. Nato zavrti nad tuljavo magnet, ki visi na nitki. Napravljen(-a) si najenostavnejši generator izmeničnega toka.

Pripomočki: 1, 4 x 7, 10, 11, 16, 33, 34, papir, nit.

150. STATOR ELEKTROMOTORJA IN GENERATORJA.

Pri električnih strojih se mirujoči del imenuje stator. Naredil(-a) boš tak stator. Na plastični podstavek pritrdi oba kraka statorja. Med krakoma namesti magnet in ga stisni z osjo z navojem in dvema maticama. Stator je narejen. S kompasom se lahko prepričaš, da se med krakoma razprostira magnetno polje. Z železnimi opilki pa lahko dokažeš, da tečejo magnetne silnice od enega kraka proti drugemu (glej poskus št. 41).

Pripomočki: 2 x 5, 4 x 6, 8, 10, 12, 2 x 15, 34.

151. ROTOR ELEKTROMOTORJA IN GENERATORJA.

Rotor je pravzaprav tuljava, ki je narejena tako, da se lahko obrača. Začetek in konec ovojev se končata na polvaljkah. Preko teh polvaljkov, ki se imenujejo kolektor, dovajajo rotorju tok ali mu ga odvzameš, pač odvisno od tega, ali gre za elektromotor ali za generator. Na kolektor se naslanja z vsake strani po eno kovinsko pero, ki se imenuje ščetka. S pomočjo kompasa preizkusi, kako rotor deluje:

1. Spoji rotor preko ščetk z baterijo, kakor kaže slika 151.

2. S kompasom ugotovi, kateri konec rotorja ima severni in kateri južni pol.

3. Preizkusi, ali se pola pri polnem obratu rotorja za 360° menjata ali ostaneta ista!

S pazljivim opazovanjem boš ugotovil(-a), da konca tuljave po vsaki polovici polnega obrata rotorja menjata pol, kar povzroča kolektor, ki v danem trenutku spremeni smer toka. Ni težko ugotoviti, da se smer toka spremeni takrat, ko je tuljava rotorja v vodoravni legi. V tem trenutku se spremenita tudi magnetna pola rotorja. Prejšnji severni pol postane južni in obratno.

Pripomočki: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 19, 2 x 20, 21, 33, baterija.

152. ELEKTROMOTOR ZA ISTOSMERNI TOK.

Ker si se seznanil(-a) s statorjem generatorja (poskus št. 150) in z rotorjem generatorja s ščetkami (poskus št. 151), lahko narediš elektromotor za istosmerni tok.

Najprej moraš sestaviti rotor s ščetkami in nato stator. Ko se prepričaš, da se rotor brezhibno vrti in da se ščetke naslanjajo na kolektor, spoji elektromotor z žepno baterijo. Rotor se začne vrteti, spočetka počasi, nato pa vedno hitreje do polnega števila obratov, kot jih je od 2800 do 3000 v minuti.

Zamenjaj pola baterije!

Pripomočki: (151), 2 x 5, 4 x 6, 10, 12, 15.

153. GENERATOR ZA ISTOSMERNI TOK.

Elektromotor iz poskusa št. 152 spoji z galvanoskopom in z roko zavrti rotor elektromotorja. Kazalec galvanoskopa se odkloni. Zavrti rotor v nasprotni smeri! Kazalec galvanoskopa se odkloni v nasprotni smeri.

Elektromotor za istosmerni tok lahko uporabljaš, kakor si opazil(-a), tudi kot generator, kot stroj, ki proizvaja istosmerni tok.

Pripomočki: (152), 1, 2 x 7, 34.

SKLEPNA BESEDA

S tem, da si napravil(-a) vse poskuse, opisane v tej knjigi, zate ne pomeni konec, temveč začetek dela. Zgornji poskusi so prvi in zelo pomemben korak v pridobivanju znanja z lastnim izkustvom. Na to znanje lahko navežeš znanje, ki so ga pridobili drugi in ti ga posredujejo v knjigah, s predavanji ter z izobraževalnimi radijskimi in televizijskimi oddajami.

Pridobljeno znanje lahko dograjuješ tudi z:

GENIUS (153 poskusov s področja elektrotehnike in 120 poskusov s področja elektronike)

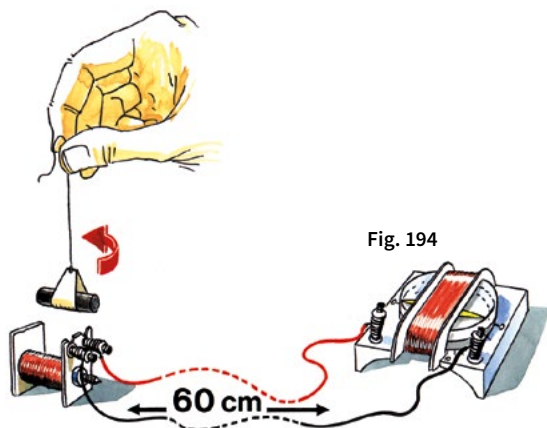


Fig. 194

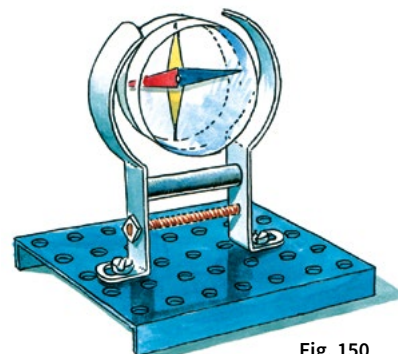


Fig. 150

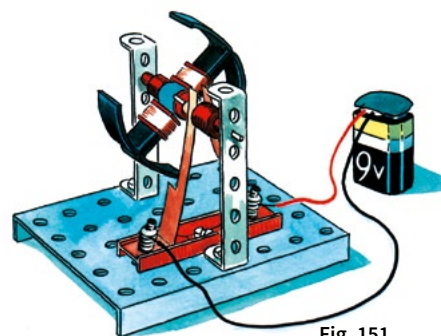


Fig. 151

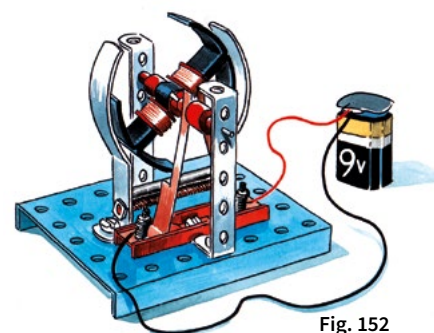


Fig. 152

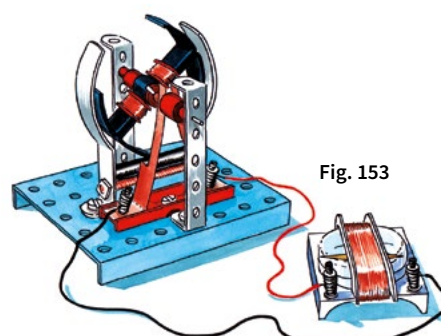


Fig. 153

SLO: POPRAVKI K NAVODILOM

EN71: Magnet

OPOZORILO: Ni primerno za otroke, mlajše od 8 let. Ta izdelek vsebuje majhen magnet z magnetnim pretokom več kot 50 KG2mm. Pogoltnjeni magneti se lahko v črevesju sprimejo in povzročijo resne poškodbe. Ob zaužitju magneta(ov) takoj poiščite zdravniško pomoč.

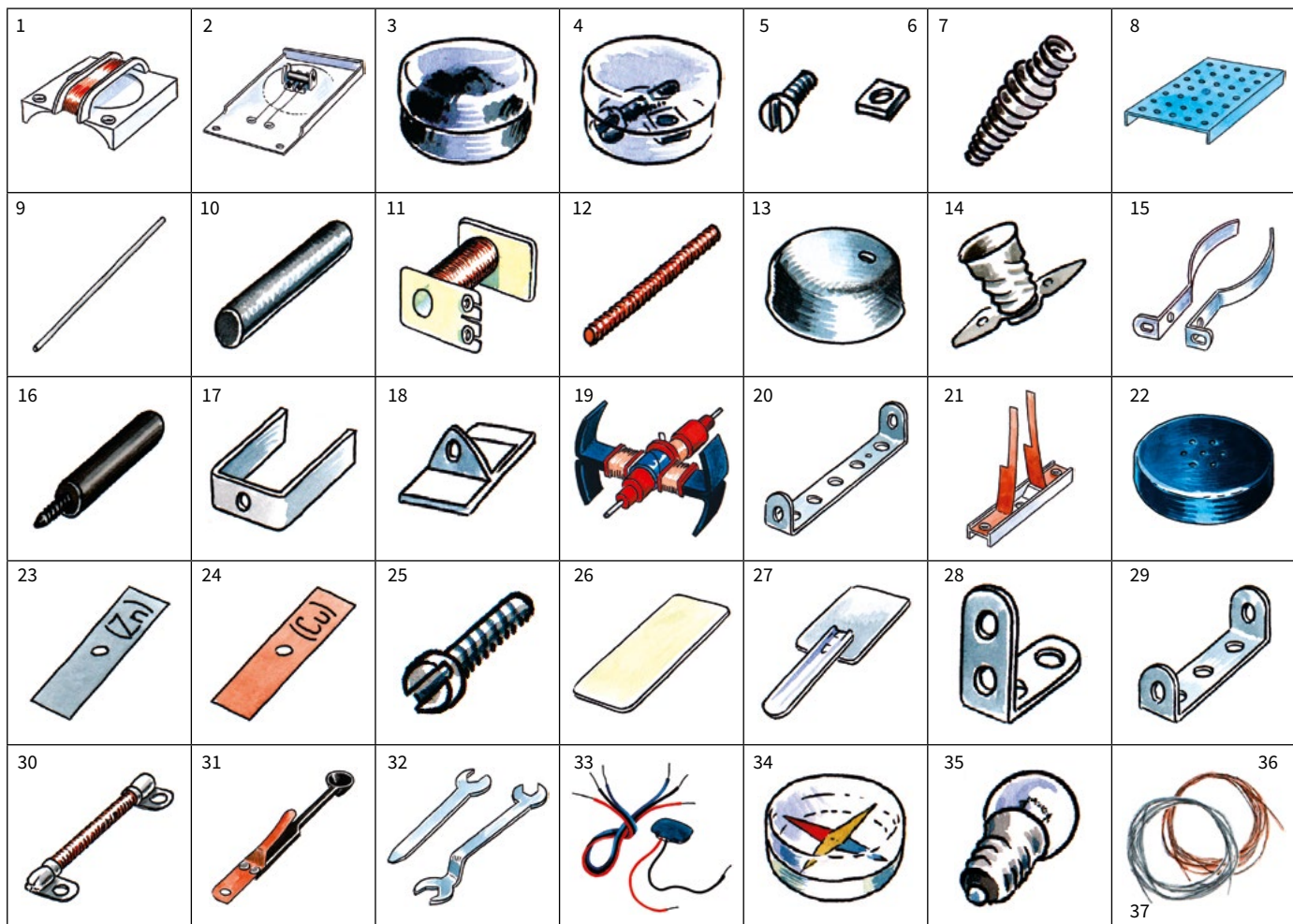
EN62115:

OPOZORILO: Primerno le za otroke, starejše od 8 let. Navodila za starše so vključena in jih je treba upoštevati. Ta izdelek vsebuje proste žice. Žice ne smete vtikati v vtičnice.

Eksperiment 97: Temperatura upora v eksperimentu 97 se lahko čezmerno poveča, vendar navodila ne opozarjajo na mogoče nevarnosti in ne vključujejo opozorila. Med eksperimentom in po njem se ne dotikajte dostopnih vročih površin, kot so površina upora, baterij, navitja in drugih elektronskih komponent. Počakajte, da se vroče površine ohladijo, sicer obstaja nevarnost opeklin. Embalažo shranite, saj vsebuje pomembne informacije.

NAZIVI SESTAVNIH DELOV

Št.	NAZIVI SESTAVNIH DELOV	Kom	Št.	NAZIVI SESTAVNIH DELOV	Kom
1	Galvanoskop	1	21	Ščetke	1
2	Mikrofon	1	22	Slušalka	1
3	Škatlica z železnimi opilki	1	23	Cinkova ploščica (Zn)	1
4	Škatlica z vijaki in maticami	1	24	Bakrena ploščica (Cu)	1
5	Vijak M4 x 5	12	25	Vijak M4 x 20	1
6	Matica M4	16	26	Plastična ploščica	1
7	Vzmetna sponka	1	27	Kovinska ploščica s plastičnim ročajem	1
8	Plastični podstavek	8	28	Kotnik 25 x 25 mm	4
9	Železna palica	1	29	Trak 2-krat upognjen 38 x 12 mm	2
10	Magnet	1	30	Upor	1
11	Tuljava	1	31	Kladivce za zvonec	1
12	Os z navojem	1	32	Ključ za matice z izvijačem	2
13	Zvonec	1	33	Spojna žica	5
14	Stojalo za žarnico	1	34	Kompas	1
15	Stator (statorska kraka)	1	35	Žarnica 12 V/0,05 A	1
16	Železno jedro	1	36	Bakrena žica	1
17	Oklep jedra	1	37	Konstantan žica	1
18	Kotva	1			
19	Rotor	1			
20	Trak 2-krat upognjen 60 x 12 mm	2			



ELECTRO PIONEER

153 pokusa s područja elektriciteta i magnetizma

Deluje sa jednom baterijom **9V === IEC 6LR61-9V ===** (nije priložena)

Izdavač i nositelj autorskih prava: MEHANO d.o.o. • Polje 9 • SI - 6310 Izola • SLOVENIJA

SADRŽAJ

ELEKTROSTATIKA	31 - 36
MAGNETIZAM	36 - 41
BATERIJE I ELEMENTI	41 - 47
ELEKTROMAGNETIZAM	47 - 50
ELEKTROMAGNET U TEHNICI	50 - 53
GENERATORI I ELEKTROMOTORI	53 - 54

PRAVA I ODGOVORNOSTI

Sadržaj ove knjige je zaštićen u skladu sa zakonima o autorskom pravu. Ništa iz nje se ne smije kopirati, prepisivati, fotokopirati ili prenijeti na bilo kakav medij za pohranjivanje informacija bez predhodne izricne pismene dozvole nositelja autorskog prava.

Svi pokusi opisani u ovoj knjizi su pažljivo provjereni i probani. Bez obzira na to, nositelj autorskih prava nije odgovoran za bilo kakvu fizičnu i/ili materialnu štetu, niti za tjelesne ozljede do kojih bi došlo prilikom izvođenja pokusa, opisanih u ovoj knjizi.

POZDRAVLJENI, MLADI ČITATELJI I ČITATELJICE

Drago nam je da ste odlučili stupiti u čudestan svijet elektrotehnike upravo pomoću naše knjige. Nadamo se da će vam izvođenje pokusa biti zabavno. U svakom slučaju, to neće biti samo zabava nego i skupljanje novih znanja, koja će biti djelići kamena-temeljca za ono, što ćete o elektrotehnici naučiti naknadno, kada ćete knjigu koju držite u ruci detaljno poznavati, i kada ćete je sa svojim znanjem i prerasti. Ne bojite se pokusa, jer je jedan sam pokus vrijedan više nego znanja tisuća stručnjaka. Zato sve svoje nove ideje usput provjerite. Ako pokus ne uspije, ne budite razočarani. Ako ustanovite u čemu ste pogriješili, i negativan ishod Vaše ideje će postati pozitivan jer ćete se i kod takvog pokusa naučiti nešto novo.

Svi pokusi opisani u ovoj knjizi su pripremljeni tako, da se ne možete ozlijediti ili uzrokovati neku veću štetu, ako zanemarimo možebitne manje ogrebotinice na prstima.

U knjizi je opisan značajan broj različitih pokusa. Neki su tako jednostavni, da vam nije potrebno nikakvo objašnjenje. Neki su komplicirani i možda uopće nećete razumijeti kako djeluju. Ne očajavajte. Možda će vam slijedeći put, pri detaljnijem čitanju, sve biti jasno. Ako ne

razumijete neki dio, ili vas možda ne zanima, slobodno ga preskočite.

Veliki broj pokusa omogućuje da svako nađe nešto prikladno za sebe. Možda ćete zbog detaljnog opisa djelovanja pokusa, ovu knjigu upotrijebiti i kao pomagalo u školi.

DRAGI RODITELJI

Sa ovom knjigom i vi sami (ponovo) stupate u svijet elektrotehnike. Ako ste u tom svijetu udomaćeni, pomozite i potaknite mladog istražitelja. Ako je taj svijet i za vas nov, neka vam se ne bude neugodno pridružiti mladom i nadobudnom istražitelju. Svijet elektrotehnike je pun otkrića, koja čekaju podjednako na mlade i na starije istraživače.

NAPOMENA ZA RODITELJE!

PRIJE POČETKA RADA NEKA DJETE PAŽLJIVO PROČITA UPUTE TE NEKA IH SE PRIDRŽAVA. IGRAČKA JE PRIKLADNA ZA DJECU STARIJU OD 9 GODINA. ZBOG SIGURNOSTNIH RAZLOGA SU SVI POKUSI PRILAGOĐENI ZA NAPON 9V (9V BATERIJA IEC 6LR61). IZVODITI JE DOZVOLJENO SAMO ONE POKUSE KOJI SU DETALJNO OPISANI U UPUTAMA. ZAŽELJENO JE DA SE POKUSI IZVODE U VAŠEM PRISUSTVU. SAČUVAJTE UPUTSTVA JER SADRŽE VAŽNE INFORMACIJE.

EN71: Magnet

UPOZORENJE: Nije prikladan za djecu mlađu od 8 godina. Ovaj proizvod sadrži mali magnet s magnetskim tokom preko 50 KG2mm. Progutani se magneti u crijevima mogu spojiti i uzrokovati ozbiljne ozljede. U slučaju gutanja magnetu potražite hitnu medicinsku pomoć.

EN62115:

UPOZORENJE: Samo za djecu dobi od 8 i više godina. Upute za roditelje uključene su i potrebno je pridržavati ih se. Ovaj proizvod sadrži otpuštene žice. Žice se ne smiju postavljati u utičnice. Pokus 97: Porast temperature otpornika u pokusu 97 veći je od limita, ali upute nisu ukazale na moguće opasnosti i nisu sadržavale upozorenja. Nije moguće izravno dodirnuti vruću površinu dostupnih dijelova tijekom i nakon provođenja pokusa, poput površine otpornika, baterija, namotaja i ostalih električnih komponenti. Pazite da temperatura bude niska, u suprotnome postoji opasnost od opekline. Ambalažu je potrebno čuvati jer sadrži važne informacije.

Ne upotrebljavajte baterije koje se pune (npr. Ni-Cd baterije). Za ovu igračku upotrebljavajte samo baterije istoga ili ekvivalentnoga tipa kao što su propisane. Preporučamo upotrebu alkalnih baterija. Baterije moraju biti priključene u pravilnom polaritetu. Zamjenjajte sve baterije, ne miješajte stare i nove baterije kao ni različite tipove baterija (npr. alkalne i cink-karbonske). Baterije mora zamijeniti odrasla osoba. Istrošene baterije ne puštajte u ležištu igračke. Ako igračku ne namjeravate upotrebljavati duže vrijeme, uklonite baterije. Baterije ne smiju doći u dodir s metalom jer postoji mogućnost da dođe do požara ili eksplozije. Nikada ne pokušavajte puniti baterije koje nisu namijenjene za punjenje. Baterije, koje su namijenjene za punjenje moraju biti uklonjene iz igračke (ako se mogu odstraniti) prije početka punjenja. Baterije, koje su namijenjene za punjenje se pune (ako se mogu odstraniti) samo pod nadzorom odrasle osobe. Ne bacajte baterije u vatru. Istrošene baterije bacajte u za tu svrhu namijenjene kontejnere. Priključke (naponske) nije dozvoljeno kratko spojiti.

UVOD!

U ovoj knjizi je navedeno 153 pokusa i teoretskih opisa. Ova zbirka sadrži sve potrebne dijelove za njihovu izvedbu osim onih, koje možemo naći u svakom domaćinstvu (češalj, komadić stakla, čaša za vodu, pečatni vosak, džepni nožić, igle za šivanje, konac (pamučna nit), ljepenka, karton, čavli, staniol-Al folija, komadić drva, pleteće igle, željezna žica,...)

Zbirka je namijenjena djeci oba spola od 9 godina na više, a pogodna je za pojedinačni i skupni rad i uspješno se može rabiti u osnovnoj školi iako je pripremljena za izvanškolski rad i aktivnosti.

S obzirom da ove zbirke upotrebljavaju i neke škole u svojim izvan nastavnim aktivnostima, opisano je i nekoliko pokusa, za koje je potrebno i nešto više pribora.

OPĆE UPUTE

Svi djelovi u zbirci su navedeni, označeni brojevima i nacrtani na zadnjoj strani.

Prije početka izvođenja pokusa, moraš nabaviti bateriju napona 9V (IEC 6LR61)

Kod svakog pokusa navedeni su sa odgovarajućim brojevima svi sastavni dijelovi koji su potrebni za izvođenje pojedinih pokusa i to onim redom kojim se koriste.

Korisno je da se prije početka izvođenja pokusa pripreme svi potrebni dijelovi, slože onim redom kojim će se koristiti te se zatim pristupi samom izvođenju pokusa.

Po završenom pokusu vrati pojedine dijelove na njihova mjesta.

KAKO TREBA IZVODITI POKUSE

Svaki pokus je označen rednim brojem. Pokuse možeš izvoditi ne obazirući se na redne brojeve, no preporučamo da ideš po redu. Tijek pokusa ćemo opisati na primjeru električnog zvonca, koji je opisan pod rednim brojem 130/131. Dijelovi potrebni za sastavljanje zvonca su u tekstu označeni sa brojevima. Slike i nazive tih dijelova možemo naći na zadnjoj stranici u "Popisu sastavnih dijelova". U našem slučaju to su sljedeći brojevi: 5-6-7-8-11-12-13-16-17-25-28-31-33 itd.). Prema tim brojevima pripremit ćemo i svrstati u red sljedeće dijelove:

4 x 7 = opružna spona

8 = plastično podnožje

6 x 5 = vijak

13 x 6 = matica

11 = uzvojnica

12 = osovina sa navojem

13 = zvono

16 = željezna jezgra

17 = omotač jezgre

25 = vijak

3 x 28 = kutnik 25 x 25 mm

31 = čekić za zvono

33 = žica za spajanje

• 2 x 5 - znači da se sastavni dio br.5 upotrebljava dva puta

• (20) - broj u zagradi označava da su potrebni isti sastavni dijelovi kao kot pokusa br. 20

Primjer: Na podlozi od plastične mase učvrstimo kutnik s pomoću vijka i matice. Nakon toga učvrstimo željeznu jezgru s omotačem jezgre i na jezgru postavimo uzvojnica itd. Sve sastavne dijelove treba spojiti čvrsto i precizno. Ako pojedini pokusi ne budu odmah pravilno djelovali, potrebno je ukloniti nedostatke. Pokusi iz područja elektrostatičke izvode se najbolje pri suhom vremenu, osobito zimi. Pokuse treba obavljati suhim rukama.

Želimo puno uspjeha pri eksperimentiranju...

ELEKTROSTATIKA

1. STRUJA IZ PAPIRA.

Iz bilježnice istrgnemo list papira i dobro ga osušimo na štednjaku. Položimo ga zatim na bilježnicu i rukom čvrsto prevučemo preko njega (slika 1). Podignemo papir lijevom rukom pa mu s donje strane približimo članak desne ruke. Između papira i ruke pojavit će se električna iskra.

Pribor: list iz bilježnice

Fig. 1

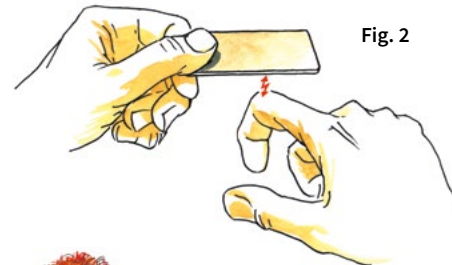


2. ELEKTRIČNA ISKRA - GROM.

Plastičnu pločicu položimo na rub stola i istrljamo ju suhom rukom ili novinskim papirom. Pločicu zatim podignemo i približimo joj članak prsta (slika 2). Između pločice i prsta pojavit će se iskra koju ćemo čuti, osjetiti a u mraku i vidjeti. Iskra koju smo izvukli iz papira i plastike u biti se ne razlikuje od munje i groma. Razlika je u tome što se kod naših pokusa radi o malim količinama elektriciteta, a kod munje u golemim.

Pribor: 26

Fig. 2



3. STRUJA IZ VUNE.

Ako duže hodamo u cipelama s gumenim džonom po vunenom ili svilenom sagu, naše tijelo će biti puno elektriciteta. Dirnemo li nakon toga vodovodnu cijev ili neki drugi metalni predmet, koji je u dodiru sa zemljom između našeg tijela i tog predmeta pojavit će se električna iskra. češalj se kod češljanja također naelektrizira kao i kosa. Isto se događa i s krznom mačke koju gladimo. Sve ovo nam ne zadaje brige kao što nam ih zadaju one koje nastaju na benznskim crpkama zbog trenja benzina kroz cijevi ili kod zrakoplova na kojima nastaju električni naboji zbog trenja kroz zrak.

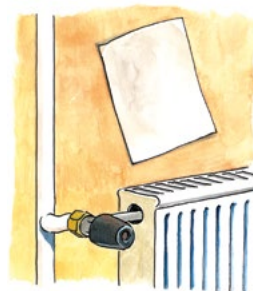
Velike nevolje čine električne iskre u tvornicama papira i gume kao i u radionicama u kojima se energija prenosi transmisijama od gume i kože. Zbog električne iskre je stradao cepelin Hindenburg.

Pribor: češalj

Fig. 3



Fig. 4



4. ELEKTROSTATIČNO "LJEPILO".

Zimi, kada u sobi grijemo, ugrijemo veći list novina koji zatim položimo na zid i rukama ga zagladimo. Novine će ostati zalijepljene na zidu stanovito vrijeme. Trljanjem smo izazvali elektricitet u papiru zbog čega su novine ostale zalijepljene na zidu.

Pribor: list novina

5. ELEKTRIČNA PAUČINA.

List papira ugrijemo na štednjaku ili radijatoru. Položimo ga zatim na bilježnicu i rukom čvrsto prevučemo preko njega, kao što smo to učinili u pokusu br. 1. List zatim dignemo i približimo ga licu (slika 5). Pri ovom imamo osjećaj da smo licem dotakli paučinu. Trenjem smo u papiru izazvali elektricitet koji podiže dlačice na našoj koži i izaziva osjećaj paučine.

Pribor: list iz bilježnice

Fig. 5



6. NAELEKTRIZIRANA TIJELA PRIVLAČE.

Dvije šesterouglaste obične olovke položimo u križ jednu na drugu, pa zatim gornjoj približimo plastičnu pločicu koju smo provukli kroz prste ili novinski papir. Umjesto olovke možemo se poslužiti i ravnalom ili drugim predmetima. Sve te predmete će naelektrizirana pločica privući.

Stari Grci su već 600 p. n. e. primjetili da elektroni privlače lake predmete ako ih protrljamo rukom ili tkaninom. Od tada naziv elektricitet. Umjesto skupog jantara smo upotrebili plastiku. Naelektrizira se i papir ako ga dobro osušimo i istrljamo. U kasnijim pokusima naučiti ćemo da se trljanjem naelektriziraju sva tijela koja trljamo.

Pribor: 26, 2 šesterouglaste olovke

Fig. 6

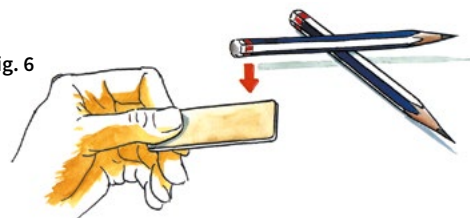
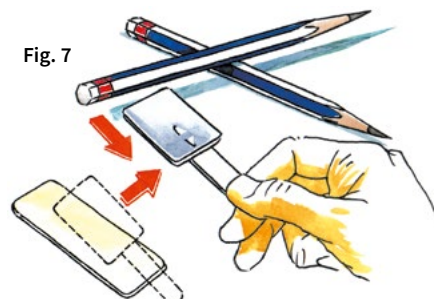


Fig. 7



7. METALI SE MOGU NAELEKTRIZIRATI.

Dvije šesterouglaste obične olovke položimo jednu na drugu kao u prijašnjem pokusu. Gornjoj olovci približimo metalnu pločicu sa plastičnom drškom kojom smo prethodno trljali plastičnu pločicu (slika 7). Naelektrizirana metalna pločica privlači olovku. Kao što vidimo i metali se trenjem mogu naelektrizirati. Kasnije ćemo vidjeti zašto je metalna pločica pričvršćena na plastičnu dršku..

Pribor: 26, 27, 2 olovke

8. NAELEKTRIZIRANA TIJELA ODBIJAJU DRUGA TIJELA.

Obične olovke iz pokusa br. 7 položimo na plastičnu podlogu (slika 8). Naelektriziranu metalnu pločicu približimo gornjoj olovci. Pločica olovku privlači. Naelektriziramo li pločicu ponovo, pločica će olovku odbiti. U svim dosadašnjim pokusima primjetili smo da naelektrizirana tijela privlače druga, a sada vidimo da ih u nekim slučajevima i odbijaju.

Pribor: 8, 26, 27, 2 olovke

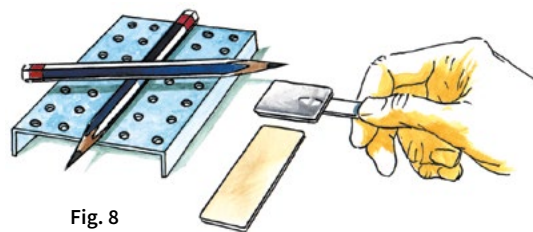


Fig. 8

9. NAELEKTRIZIRANO TIJELO U BLIZINI MLAZA VODE.

Naelektriziranu plastičnu pločicu približimo tankom mlazu vode (slika 9). Pločica mlaz privlači i raspršuje ga.

Pribor: 26, čaša vode

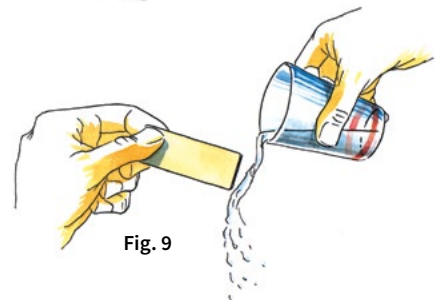


Fig. 9

10. KAD SE NAELEKTRIZIRANA TIJELA PRIVLAČE, A KAD ODBIJAJU?

Radove u ovom zanimljivom pokusu treba obaviti ovim redom:

- I) metalnu pločicu trljamo o plastičnu podlogu;
- II) naelektriziranu plastičnu pločicu položimo na aluminijsko zvono na kojem se može lako okretati;
- III) plastičnoj pločici približimo naelektriziranu metalnu pločicu (slika 10). Pločice se privlače;
- IV) držak metalne pločice provučemo kroz prste ili protrljamo papirom i približimo plastičnoj pločici.

Pločice se odbijaju.

Iz navedenog pokusa vidimo da električni naboji mogu biti različiti. Mogu se privlačiti ili odbijati.

Pribor: 13, 26, 27

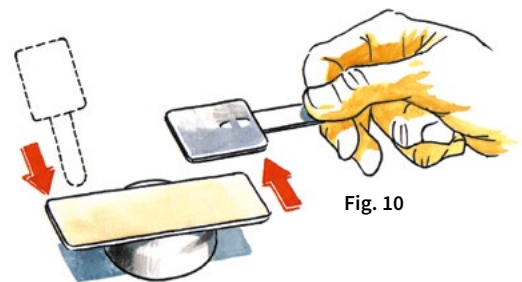


Fig. 10

11. JEDNOSTAVNI ELEKTROSKOP.

Iz sastavnih dijelova koji se nalaze u zbirci, napravimo elektroskop (slika 11). Na plastičnoj podlozi učvrstimo željezni stalak na kojem se nalazi kazaljka od papira (140 x 12 mm). Kao osovinu poslužiti će nam pribadača kojom ćemo učvrstiti kazaljku nešto iznad težišta.

Elektroskop je ispravan ako kazaljka visi okomito a pomaknemo li je iz tog položaja, njiše se.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 8, 20, 2 x 28, 29, pribadača, kazaljka

Fig. 11

12. NAELEKTRIZIRANA PLASTIČNA PLOČICA PRIVLAČI KAZALJKU ELEKTROSKOPA.

Plastičnu pločicu provučemo kroz prste ili papir, pa je približimo kazaljki elektroskopa (slika 12). Pločica kazaljku privlači. Izvršimo sličan pokus s češljem, komadom stakla ili pečatnog voska koji protrljamo o odijelo. Sva navedena i druga tijela privlače kazaljku elektroskopa ako ih protrljamo. Trljanjem postaju naelektrizirana.

Pribor: (11), 26

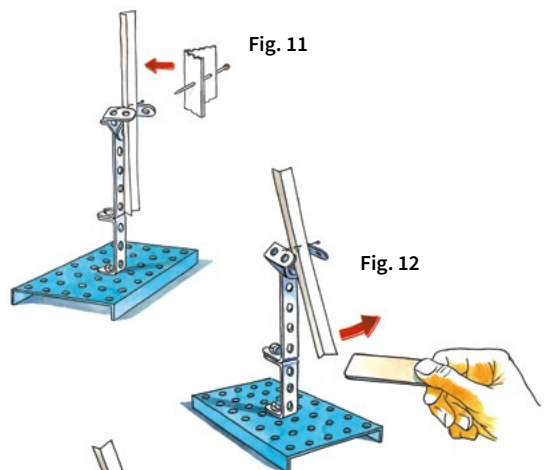


Fig. 12

13. NAELEKTRIZIRANA METALNA PLOČICA PRIVLAČI KAZALJKU ELEKTROSKOPA.

Ponovimo pokus br. 12, s tim da plastičnu pločicu ne trljamo rukom već metalnom pločicom s drškom od polivinila. Ako tu pločicu približimo kazaljki, pločica će je privući. Umotajmo pločicu u komad papira ili tkanine i zatim istrljajmo plastičnu pločicu. Papir, tkanina i druga tijela kojima trljamo postaju naelektrizirana.

Iz navedenih pokusa zaključujemo da naelektrizirana postaju tijela koja trljamo kao i ona kojima trljamo.

Pribor: (11), 26, 27, komad papira i tkanine

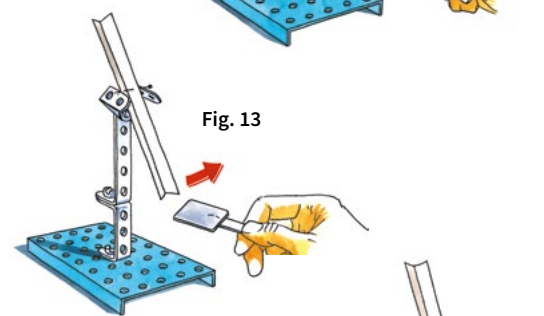


Fig. 13

14. NABIJANJE ELEKTROSKOPA.

Plastičnu pločicu položimo na rub stola. Preko nje prevučemo uz umjereni pritisak metalnu pločicu, pa zatim njome dodirujemo stalak elektroskopa (slika 14). Kazaljka će se pomaknuti i tako ostati. Ponovimo li postupak još nekoliko puta kazaljka će se sve više pomicati.

Električni naboj raste.

Pribor: (11), 26, 27

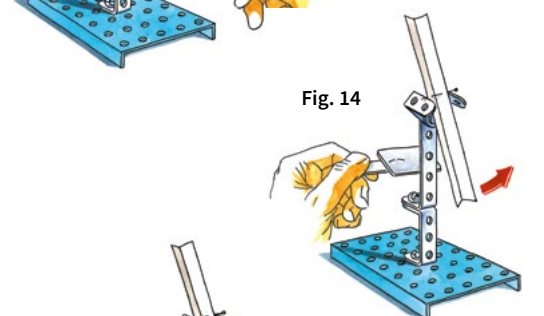


Fig. 14

15. PRAŽNENJE ELEKTRIČNOG NABOJA.

Dodirujemo prstom metalni stalak nabijenog elektroskopa (slika 15). Kazaljka će se prikloniti. Elektroni su kroz naše tijelo otišli u zemlju.

U ranijim pokusima smo opazili da tijela postaju naelektrizirana ako njima trljamo plastiku. Postaje li naelektrizirana i naša ruka?

Pribor: (11)

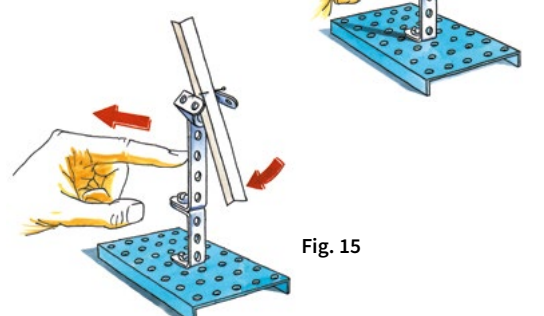


Fig. 15

16. POSTUPNO NABIJANJE ELEKTROSKOPA.

I) plastičnu pločicu položimo na stol i trljamo suhom rukom ili papirom;
II) na plastičnu pločicu položimo metalnu pločicu koju držimo za polivinilski držak;
III) prije nego što metalnu pločicu podignemo, dodirujemo je prstom;
IV) metalnom pločicom dodirujemo stalak elektroskopa.
Kazaljka će se pomaknuti. Ponovimo pokus nekoliko puta i to samo II), III) i IV). Kazaljka će se sve više i više pomicati, što dokazuje da električni naboj raste.
Plastična i metalna pločica čine aparat koji se zove elektrofor.

Pribor: (11), 26, 27

17. POSTUPNO PRAŽNENJE ELEKTROSKOPA.

Elektroskop nabijemo s pomoću elektrofora kao što smo naučili u prijašnjem pokusu.
Nabijeni elektroskop dodirujemo metalnom pločicom. Kazaljka će malo pasti. Zatim metalnom pločicom dodirujemo vlastito tijelo i ponovo elektroskop i t.d. Kazaljka sve više pada.

Pribor: (11), 26, 27

18. VODIČI I IZOLATORI.

Elektroskop nabijemo s pomoću elektrofora (pokus br. 16) te potom dodirujemo stalak elektroskopa: drškom metalne pločice, olovkom, papirom, bakrenom pločicom i ostalim dijelovima iz naše zbirke. Što primjećujemo? Kod dodira plastičnom pločicom, suhim staklom, porculanom, pečatnim voskom, parafinom i t.d. kazaljka se ne miče. Navedena tijela su izolatori. Metali su naprotiv dobri vodiči elektriciteta. Naše tijelo, olovka, vlažan papir i t.d. su također dobri vodiči.

Pribor: (11), 24, 26, 27, razni predmeti

19. POZITIVNA I NEGATIVNA ELEKTRIČNA TIJELA.

S pomoću elektrofora nabijemo elektroskop. Kazaljki približimo metalnu pločicu kojom smo ga nabijali (slika 19). Kazaljka se odmiče. Približimo li kazaljki plastičnu pločicu, ona će se primaknuti. Iz ovoga vidimo da tijela mogu biti različito naelektrizirana. U našem slučaju metalna pločica bila je pozitivno električna kao i nabijeni elektroskop, dok je plastična pločica bila negativno električna. Istoimena električna tijela se odbijaju, a raznoimena privlače.

Pribor: (11), 26, 27

20. ELEKTRIČNO NJIHALO.

Poučni pokusi mogu se izvoditi električnim njihalom. Ono se sastoji od kuglice izrađene od bazge ili stiropora (1), pamučne niti (2), uspravnog štapića (3), koljena (4) i vodoravnog štapića (5). Ako nismo u mogućnosti napraviti kuglicu od bazge, možemo se poslužiti malim cilindrom od staniola. List staniola veličine 5 X 3 cm omotamo oko obične olovke, s jedne strane stisnemo i vežemo pamučnu nit. Štapiće izradimo od papira, dužina štapića neka bude oko 90 mm, za izradu jednog štapića uzmi papir dimenzije 90 x 100 mm. Svaki komad posebno premažemo lijepilom i lagano ga omotamo oko željezne šipke koja se nalazi u zbirci. Tako nastalu cjevčicu osiguraj da se ne odvije (selotejp, gumica) te skini sa željezne šipke prije nego što se potpuno osuši. Cjevčicu učvrstimo na plastični podnožje pomoću osovine s navojem. Koljeno izradimo od žice ili čavla odgovarajuće debljine.

Pribor: 2 x 6, 8, 9, 12, papir, staniol ili Al folija, pamučna nit, žica

21. POKUSI S ELEKTRIČNIM NJIHALOM.

I) električnom njihalu približimo naelektriziranu plastičnu pločicu. Pločica privlači kuglicu njihala ali ju odmah zatim odbije i više je pločicom ne možemo uhvatiti.
II) kuglicu njihala dodirujemo rukom pa jo zatim približimo naelektriziranu metalnu pločicu. Pločica privlači kuglicu ali je potom snažno odbija.

Kako objasniti ove pojave?

Plastična pločica ima negativan naboj. Ona privuče kuglicu pa time i ona dobiva negativan naboj, te ju glede toga odbije. Metalna pločica ima pozitivan naboj, usljed dodira i kuglica se naelektrizira pozitivno te se odbija. Iz navedenog vidimo da se tijela s jednakim električnim nabojem odbijaju.

Pribor: (20), 26, 27.

22. TIJELA S RAZLIČITIM ELEKTRIČNIM NABOJEM PRIVLAČE SE.

Za ovaj pokus potrebna su dva njihala. Za podlogu prvoga poslužiti ćemo se plastičnom podlogom, a drugoga aluminijskom. Njihala razmaknemo pa zatim jedno nabijemo pozitivno, a drugo negativno. Kod približavanja njihala primjećujemo da se kuglice privlače. Ako se dodirnu, naboji se pobijaju. Iz navedenog zaključujemo:

- tijela s različitim nabojima se privlače, i
- pozitivni i negativni naboji istih veličina se pobijaju.

Pribor: (20), 6, 13, 25, 26, 27, papir, staniol ili Al folija, nit

Fig. 16

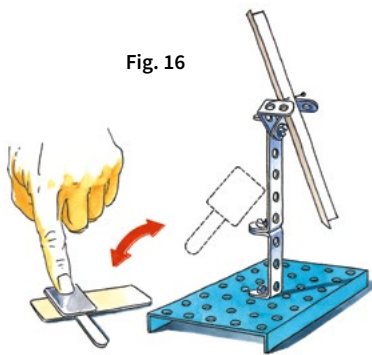


Fig. 17

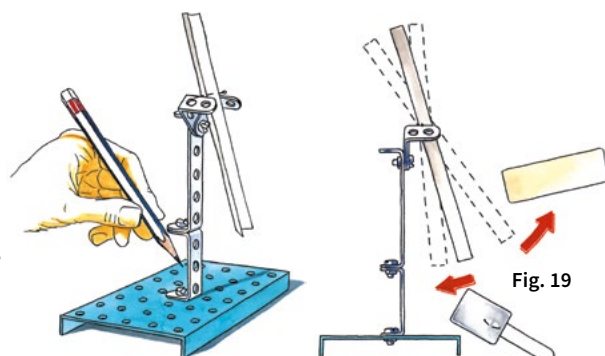
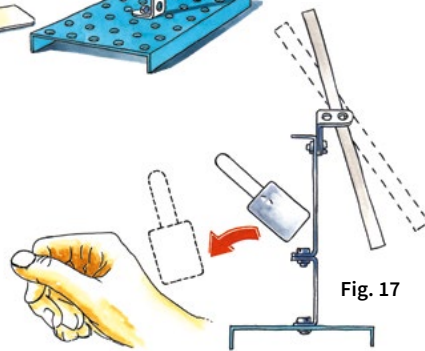


Fig. 18

Fig. 19

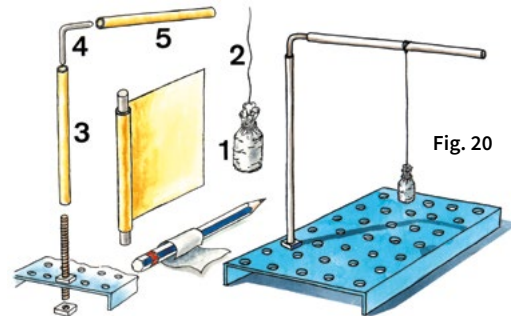


Fig. 20

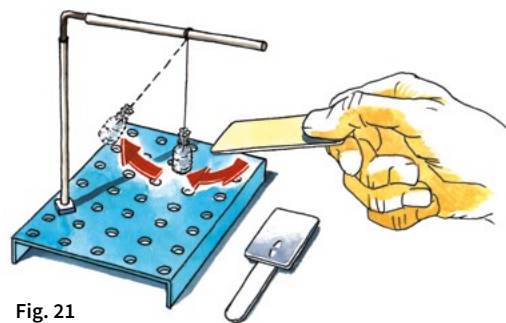


Fig. 21

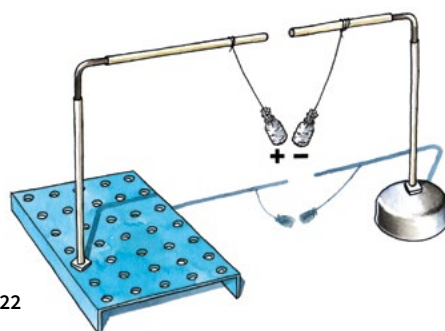


Fig. 22

23. ELEKTROSKOP S LISTIČIMA.

Za daljnje pokuse statičkim elektricitetom potreban je osjetljiv instrument - elektroskop s listićima. Napraviti ćemo ga sami ovim redom:

u sredinu podloge od plastične mase (9) učvrstimo vijkom i maticom dva puta prirubljenu traku 60 x 12 mm;

pomoću vijka i matice učvrstimo vrh trake i zvonce od aluminijske, tako da iz njega viri još 10 mm vijka. Na vijak ćemo staviti cijev iz Al folije (staniola) dužine 9 cm (izrada kao što je opisana u pokusu br. 20). Na vrhu učvrstimo dva nosača (b) od gole bakrene žice promjera 0,3 mm ili od žice konstantana promjera 0,2 mm. Nosač je pravokutnik dužine 10, širine 5 mm izrađen tako da postaje uvijeni držak za učvršćenje u cijev. Listići elektroskopa moraju biti izrađeni od tankog papira veličina 8 x 70 mm. Oni se učvršćavaju na držak kao što se vidi na slici 23 desno. Strelica označava mjesto gdje je papir lijepljen.

Pribrator: 5, 2 x 6, 8, 13, 20, 25, 36, papir, staniol ili Al folija

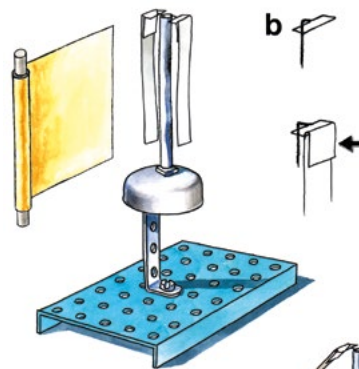


Fig. 23

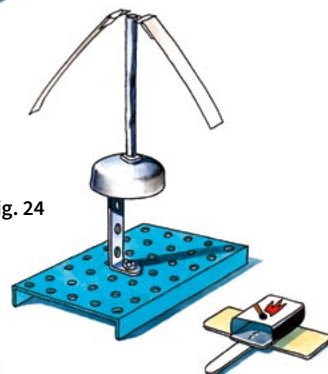
24. ELEKTRICITET IZ KUTIJE ZA ŠIBICE.

Omotač kutije za šibice natakemo na metalnu pločicu. Omotačem protrljamo plastičnu pločicu pa ga približimo elektroskopu (slika 24). Listići elektroskopa se rasklope.

Dodirujemo li prstom elektroskop oni će se sklopiti. Omotajmo metalnu pločicu redom papírom, tekstilom, krznom i t.d. pa pokušajmo naelektrizirati ta tijela trljanjem o plastičnu pločicu. Pokušajmo to i sa staklom trljajući ga vunom ili svilom.

Pribrator: (23), 26, 27, kutija za žigice

Fig. 24



25. KAPACITET.

Kraj drška metalne pločice omotamo staniolom ili Al folijom (gledaj detalj a) dobivajući na taj način dvije metalne pločice, veliku i malu (slika 25). Nabijmo elektroskop do punog odklona listića (pokusi br. 16). Dodirujemo nabijeni elektroskop malom metalnom pločicom (iz staniola). Kut među listićima se smanji. Dodirnim zatim pločicom vlastito tijelo pa ponovo elektroskop. Ponovimo ovo sve dok se listići potpuno ne zaklope. Elektroskop ponovo nabijemo pa ga na sličan način izbijemo velikom metalnom pločicom. Koja pločica ima veći kapacitet?

Pribrator: (23), 26, 27, staniol (Al folija)

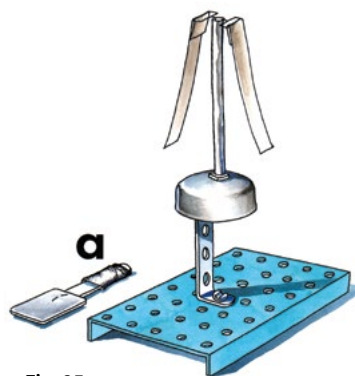


Fig. 25

26. IONIZACIJA ZRAKA.

I) elektroskop nabijemo do punog odklona listića, te ustanovimo koliko će vremena listići ostati otklonjeni. Kod suhog vremena, osobito zimi, listići će ostati otklonjeni nekoliko sati što dokazuje da je zrak dobar izolator. Pri vlažnom vremenu listići će se brzo vratiti u prvobitni položaj.

II) elektroskop ponovo nabijemo, pa mu približimo (oprezno da se listići ne upale) upaljenu šibicu. Listići se odmah zaklope. Molekule zraka pod utjecajem plamena brzo se gibaju pa jedna drugu ioniziraju, a ionizirani zrak nije dobar izolator. Zato grom često udara u vatru.

Pribrator: (23), 26, 27, šibice

Fig. 26



27. ELEKTRIČNO POLJE.

Iz srednje debele ljepenke izrežemo pločicu veličine plastične pločice iz naše zbirke. Položimo ljepenku na rub stola i preko nje plastičnu pločicu koji protrljamo papírom ili suhom rukom. Zatim ga podignemo. Što primjećujemo? Zajedno s plastičnom pločicom podigli smo i ljepenku iako je ona prilično teška. Plastična pločica je prilikom trljanja dobila negativan naboj. Na ljepenci je zbog brzine negativnog naboja nastao pozitivan, što je dovelo do privlačenja. Privlačnost može biti prilična, što osjećamo kod razmaka obe pločice (slika 27). Između njih vlada električno polje.

Pribrator: 26, pločica od ljepenke

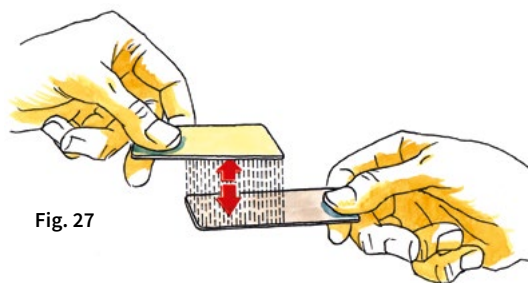


Fig. 27

28. ELEKTRIČNE SILNICE.

Na rub stola položimo pločicu ljepenke a ispod nje podužnu nit. Na ljepenku položimo plastičnu pločicu koji trljamo rukom ili papírom. Zadržimo jednom rukom ljepenku na stolu a drugom podignimo plastičnu pločicu 6 do 8 mm u zrak. Kod toga osjećamo otpor. Konci niti se dižu u pravcu plastične pločice. U električnom polju između pločica postoje nevidljive električne silnice. U smjeru tih silnica dižu se konci niti.

Pribrator: 26, pločica od ljepenke, nit



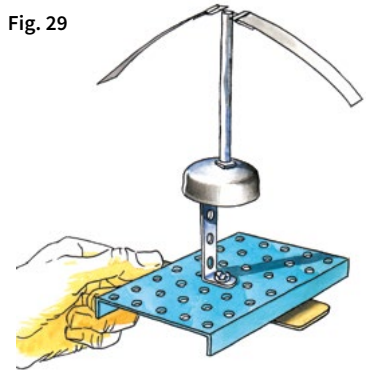
Fig. 28

29. KONDENZATOR.

Na rub stola položimo naelektriziranu plastičnu pločicu i na nju postavimo elektroskop. Listići se neće otkloniti iako je pločica naelektrizirana. Zašto? Plastična pločica je negativno električna. Stol u njegovoj neposrednoj blizini ima zato pozitivan naboj koji je vezan za negativan naboj pločice. Podizanjem plastične pločice zajedno s elektroskopom 8 do 9 mm iznad stola umanjuje se pozitivan naboj, negativan prevladava i listići se razmiču. Pozitivno nabijen stol i negativno nabijena plastična pločica čine kondenzator. O kondenzatoru se govori i u pokusima 27 i 28.

Pribor: (23), 26, 27

Fig. 29



30. ODREĐIVANJE POLOVA ISPITIVAČEM.

Negativno nabijen elektroskop dodirujemo ispitivačem (nije priložen). Listići elektroskopa se sklope, a na jednoj od elektroda ispitivača pojavi se svjetlo. Ako elektroskop nabijemo pozitivno, svjetlo će se pojaviti na drugoj elektrodi ispitivača. Ispitivač se rabi u ispitivanju napetosti mreže. Ako dodirujemo ispitivačem električnu mrežu, svjetlo se pojavljuje na obe elektrode jer se u mreži nalazi izmjenična struja. Opomena: pokus obavi u dovoljno zatemljenom prostoru.

Pribor: (23), 26, 27, ispitivač

Fig. 30

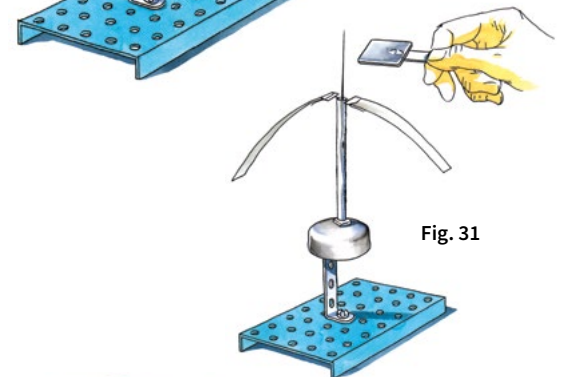


31. DJELOVANJE ŠILJKA.

Na elektroskop postavimo iglu ili komadić žice, te šiljku približimo (ne dodirnuti) pozitivno nabijenu metalnu pločicu. Listići će se otkloniti iako elektroskop nismo dodirnuti. Odmaknimo pločicu, pa šiljku igle (ili žice) približimo (ne dodirnuti) šiljak druge igle koju držimo rukom. Elektroskop će se postupno prazniti. Očito je da elektroni prelaze s jednog tijela na drugo preko šiljaka. Šiljci u tehnici rješavaju mnoge probleme. U tvornicama papira s pomoću šiljaka odvaja se statički elektricitet koji nastaje zbog trenja papira i dovodi do "lijepljenja". Pomoću šiljaka otklanja se elektricitet sa zrakoplova koji se naelektriziraju zbog trenja zrakom. Šiljcima se uklanja također i naboj s transmisijama. Šiljcima se služimo pri zaštiti kuća od gromova.

Pribor: (23), 26, 27, igla

Fig. 31



32. GROMOBRAN.

Gromobran se sastoji od željeznog štapa sa šiljkom na vrhu. Od šiljka vodi prema zemlji debela bakrena žica ili cinčani lim, koji u zemlji završava na većoj metalnoj mreži. Ako se kući približi oblak pun elektriciteta onda se zbog njegove blizine po indukciji naelektrizira i kuća. Ako je oblak pozitivan kuća je negativna i obrnuto. Između kuće i oblaka nastaje električno polje (kondenzator). Elektroni, preko šiljka, prelaze s oblaka na gromobran i obrnuto, te time pobijaju naboj i opasnost od udara groma. Ako grom pak udari, udara u gromobran a ne u kuću. Na većim kućama ima više šiljaka.

33. FARADAYEV KAVEZ.

U starim knjigama mogu se naći priče o kralju iz daleke zemlje, komu su prorekli da će mu kći poginuti na svoj 16. rođendan. Kad se približio taj dan, kralj naredi da izgrade utvrđeni dvorac u koji se moglo ući jedino preko pokretnog mosta. U toj tvrđavi je pred 16. rođendan stanovala princeza sa svojim slugama. Na sam rođendan nebo se naoblačilo - čitamo dalje u priči - počelo je grmjeti i sijevati. Uz jaki tresak u dvorac udari grom i ubije mladu princezu. Možemo li zaštititi kuće od udara gromova? Možemo gromobranom, no još je sigurniji Faradayev kavez. Evo pokusa koji će nam objasniti kako ona djeluje. Na podlogu od plastične mase (9) postavimo manju limenu posudu (staru limenku ili aluminijski lončić). S unutarnje i vanjske strane nalijepimo nekoliko listića tankog papira (na slici 33 prikazana su samo dva). Dodirujemo posudu (kavez) naelektriziranom metalnom pločicom. Listić s vanjske strane kaveza će se otkloniti dok s unutarnje strane miruje. Koliko god elektrizirali posudu, naboj će se širiti samo s vanjske strane, dok će unutrašnjost ostati nenabijena, neutralna. To se događa i u kad posudu na više mjesta probušimo ili kad bi umjesto posude od lima uzeli posudu od žičanog pletiva. Ako takvim pletivom omotamo kuću, grom joj neće naškoditi. Faradayeva kavez upotrebljava se osobito za zaštitu skladišta streljiva.

Pribor: 8, 26, 27, limena posuda, papir

34. JOŠ NEKOLIKO POKUSA.

Od bazge ili komadića stiropora napravimo nekoliko kuglica. Kuglicama na stolu približimo naelektriziranu pločicu. Kuglice živo poskakuju između stola i pločice. Umjesto kuglica možemo napraviti i valjke od tankog papira.

Pribor: 26, 27, papir, bazga ili stiropor

Fig. 32

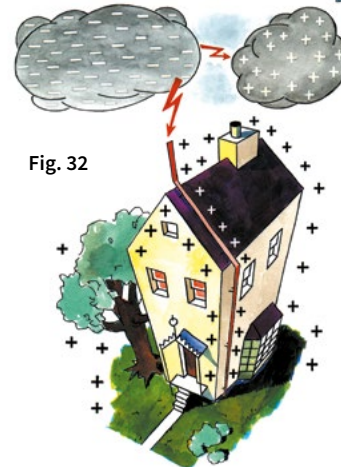


Fig. 33

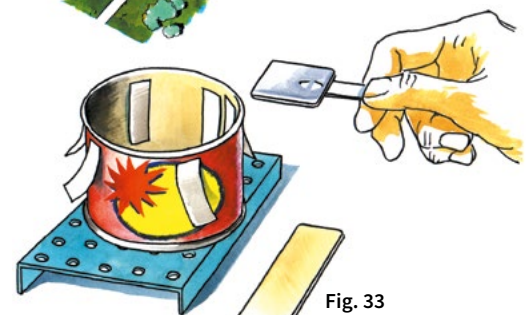


Fig. 34



35. MOLEKULE, ATOMI, ELEKTRONI.

Priroda se sastoji od različitih tvari. Element je čista tvar, koju sa kemijskom reakcijom ne možemo razgraditi u jednostavniju tvar. Elementi su sastavljeni od atoma, koji su povezani u molekule. Znanost danas zna za 102 elementa od kojih su 92 prirodna dok su ostali umjetno stvoreni nuklearnim reakcijama. Iako su atomi pojedinih elemenata različiti po sastavu i veličini, imaju neka zajednička obilježja. Svaki atom ima u svom središtu tešku jezgru, a oko jezgre se neprestano okreće više ili manje laganih elektrona. Najjednostavniji je atom vodika (slika 35 lijevo). On se sastoji iz male jezgre (J) oko koje se okreće samo jedan elektron (e) kao što se Mjesec okreće oko Zemlje. Drugi po redu je helij (slika 35 u sredini). Atom helija se sastoji od nešto veće jezgre oko koje kruže dva elektrona. Jezgra litija je još veća. Oko nje se vrte 3 elektrona. Oko jezgre željeza koje je još veće kruži 26 elektrona, oko jezgre zlata 79, oko jezgre olova 82, a oko jezgre urana, u različitim razmacima, čak 92 elektrona. Elektroni su u atomima vezani za jezgru slično kao što je Mjesec vezan na Zemlju i Zemlja na Suncu. Kod nekih tijela mi možemo na neko vrijeme otkinuti neke elektrone, pa na njima nastaje manjak. Takva tijela su električno pozitivna dok su ona s viškom elektrona su negativna.

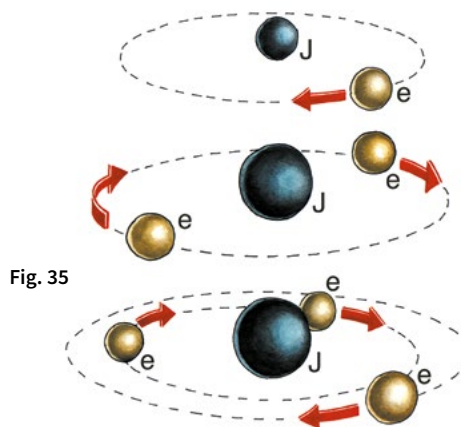


Fig. 35

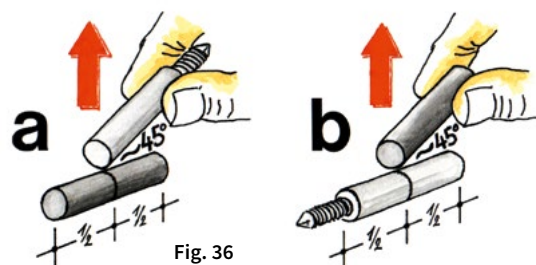


Fig. 36

MAGNETIZAM

36. MAGNETSKA ZAGONETKA.

U našoj zbirci nalaze se dva cilindrična teška komada. Jedan od njih je brušen a drugi crn i produžen u vijak. Na osnovu pokusa, u kojima nesmiijemo uporabiti nikakva druga sredstva, treba pronaći:

- koji od navedenih predmeta je magnet a koji željezo, i,
- da li privlači magnet željezo ili željezo magnet.

Pokus možemo izvesti na slijedeći način: jedan od nepoznatih predmeta položimo na stol i pokušamo ga podići drugim dodirivajući ga u sredini (na oba predmeta označi sredinu cilindričnog dijela), kao što je prikazano na slici 36a i b. Ako ga možemo dignuti znači da u rukama držimo magnet a ako ne onda je magnet na stolu. Zbog čega je to tako doznat ćemo kasnije. Pokusima se možemo uvjeriti da ne privlači samo magnet željezo već da i željezo privlači magnet. Privlačenje je prema tome obostrano.

Pribor: 10, 16

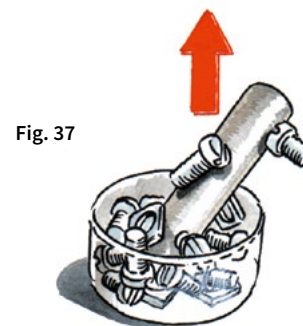


Fig. 37

37. MAGNET.

Već stari Grci su znali da se u blizini mjesta Magnezija u Maloj Aziji može naći ruda koja privlači željezne predmete. Priča se da su se komadi te rude lijepili pastirima za okove pastirskih štapova. Ta se ruda zove magnetit a sila privlačenja magnetizam. Pomoću tog prirodnog magnet može se izraditi umjetni magnet na način koji ćemo upoznati kasnije. Takav je magnet onaj koji se nalazi u našoj zbirki samo nije izrađen od magnetita već s pomoću elektriciteta. S tim magnetom možemo podići sve vijke i matice iz naše zbirke i mnoge druge predmete.

Pribor: 5, 6, 10

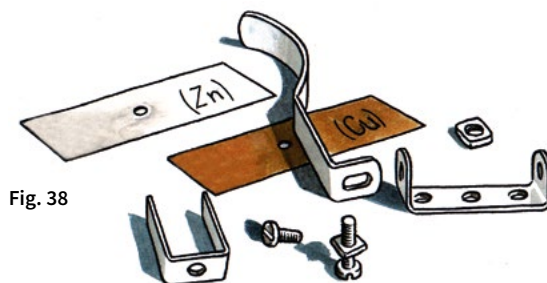


Fig. 38

38. PRIVLAČI LI MAGNET SAMO ŽELJEZNE PREDMETE?

Na stol položimo razne metalne predmete iz naše zbirke i pokušamo ih dignuti magnetom. Koje predmete ćemo podići? Podići ćemo sve željezne predmete kao što su matice, vijci, čavli, limene trake, a nećemo podići cink, bakar i olovo. Daljnjim pokusima se je moguće uvjeriti da magnet privlači osim željeza i predmete od nikla i kobalta. Najjače privlači magnetske slitine kao što su AlNi, AlNiCo. Od slitine AlNiCo (aluminij, nikal, kobalt) izrađen je magnet iz naše zbirke.

Pribor: 5, 6, 10, 23, 24, metalni predmeti

39. MAGNET IMA DVA POLA.

Na list papira natrusimo željeznu piljevinu i u nju uronimo magnet pa ga zatim podignemo. čestice piljevine se "zaljepe" na magnet ali ne po cijeloj dužini jednako. Područja u kojima magnet najjače privlači zovu se polovi. Svaki magnet ima dva pola. To su područja u kojima je magnetizam najjači. U sredini magnet magnetizam je 0. Možemo li sada objasniti magnetsku zagonetku koju smo postavili u pokusu br. 36?

Pribor: 3, 10, list papira

40. MAGNETSKO POLJE.

Ispod kartona (9,5 x 7 cm) koji smo položili na podlogu od plastične mase nalazi se magnet.

- natrusimo na karton željeznu piljevinu i pokucamo olovkom po kartonu. Piljevina će se poredati u linije koje izlaze iz jednog pola pa se u manjim ili većim lukovima vraćaju u drugi pol duž nevidljivih magnetskih silnica.
- ponovimo gornji pokus s tim što prethodno podignemo karton 2 do 3 cm. Sada također se piljevina reda duž magnetskih silnica.

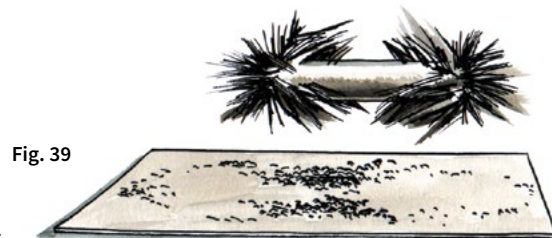


Fig. 39

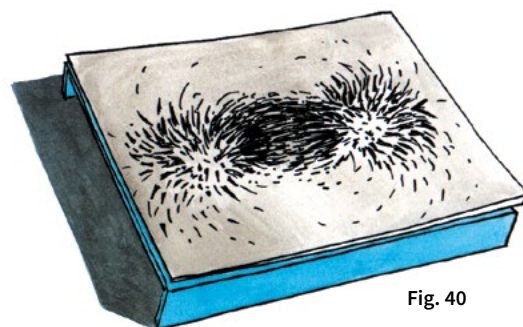


Fig. 40

3) ponovimo gornji pokus a prethodno magnet postavimo okomito. I u ovom slučaju primjetit ćemo pravilan raspored piljevine. Zaključak: u prostoru oko magneta prostiru se magnetske silnice. One čine magnetsko polje koje je najjače na polovima.

Pribor: 3, 8, 10, karton

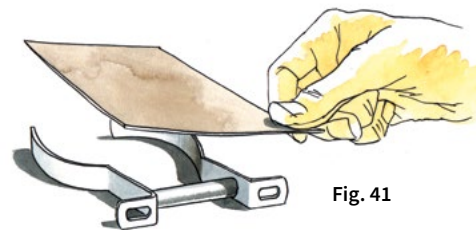


Fig. 41

41. MAGNETSKO POLJE IZMEĐU DVA RAZLIČITA POLA.

Magnet položimo na stol i na svaki kraj dodamo jedan lim (slika 41). Pokrijemo sve kartonom i na njega natrusimo željeznu piljevinu. Pokucajmo lagano olovkom po kartonu. Željezna piljevina će se poredati oko magneta kao u prijašnjem pokusu, a i između limova što je osobito važno za razumijevanje rada generatora i elektromotora.

Pribor: 3, 10, 15, karton

42. POLJE JEDNAKIH POLOVA.

Na stol položimo dva statorka kraka ali tako da se oba naslanjaju na isti pol magneta (slika 42). Prekrijemo kartonom na koji natrusimo željeznu piljevinu. Promatranje: ne zanima nas piljevina neposredno oko magneta već ona između oba lima. Tu se ona nije poredala što dokazuje da u tom polju nema magnetskih silnica, no vrlo su guste silnice s vanjske strane lima. One teku u lukovima prema drugom polu magneta. Iz navedenih pokusa zaključujemo da polovi magneta nisu jednaki.

Pribor: 3, 10, 15, karton

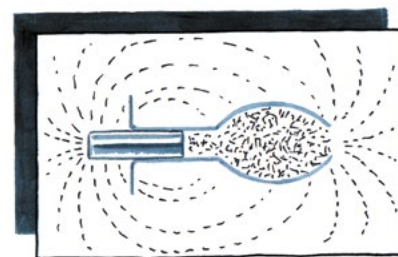


Fig. 42

43. SJEVERNI I JUŽNI POL MAGNETA.

S pomoću komada papira objesimo magnet iz naše zbirke na pamučnu nit. U tu svrhu možemo rabiti stalak iz pokusa br. 20. Nakon nekog vremena magnet se umiri tako da pokazuje jednim krajem prema sjeveru a drugim na jug. Magnet ima dva pola. Bojom ili komadom papira obilježimo sjeverni.

Pribor: (20), 10, papir, nit

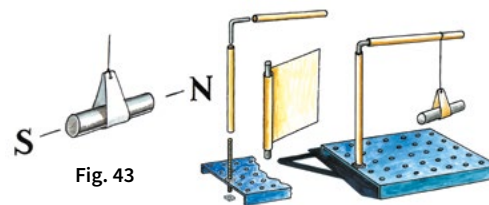


Fig. 43

44. MAGNETIZIRANJE ČELIKA I ŽELJEZA.

1) Preko željezne igle za pletenje ili veće igle za šivanje prevučemo nekoliko puta magnetom (jednim polom) vraćajući se uvijek u luku (slika 44). Uronimo vrh igle nakon toga u željeznu piljevinu. Igla je postala magnet. Pokušima se možemo uvjeriti da i ona ima dva pola. Obješena o nit ona će se zaustaviti tako da će jednim krajem pokazivati na sjever a drugim na jug.

2) Magnetiziramo li na sličan način željeznu šipku iz zbirke, primjetit ćemo da ona podiže tek neznan broj zrnaca željeza. To znači da nije jako magnetična. Taj magnetizam se brzo gubi.

Magnetiziramo na sličan način i odvijač iz zbirke. On je izrađen od čelika kao i igle za pletenje. Čelik možemo magnetizirati trajno, a željezo samo na kratko vrijeme.

Pribor: 3, 9, 10, željezna igla za pletenje



Fig. 44

45. VISOKA TEMPERATURA UNIŠTAVA MAGNETIZAM.

Magnetiziranu željeznu iglu za pletenje ugrijemo na plamenu svijeće. Igla gubi magnetizam.

Pribor: 3, 10, svijeća, igla za pletenje



Fig. 45

46. SAVIJANJE MAGNETA.

Magnetiziranu željeznu iglu za pletenje savijemo nekoliko puta u raznim smjerovima, te ispitamo njenu magnetičnost. Igla gubi magnetizam. Isto tako ga gubi udaranjem ili bacanjem.

Pribor: 3, 10, željezna igla za pletenje



Fig. 46

47. MAGNETIZIRANJE DŽEPNOG NOŽA.

Sječivo džepnog noža prevučemo nekoliko puta magnetom (slika 47). Oštricu približimo vijcima ili željeznoj piljevini. Nož je postao magnetičan. Kojim smo ga polom magnetizirali i koji smo pol dobili? Može li nam magnetizirani nož poslužiti kao kompas?

Pribor: 3, 5, 10, džepni nož

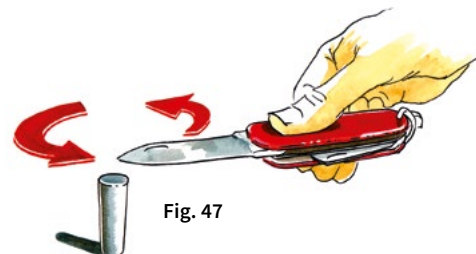


Fig. 47

48. SNAGA MAGNETA.

Dosad smo upoznali nekoliko magneta. Koji je od njih najjači i kolika je njegova snaga? Bez sumnje najjači je AlNiCo magnet. Kako ćemo ispitati njegovu snagu?

I) osim magneta potrebna nam je i kotva (19) na koju objesimo zdjelicu od ljepenke i tankog konopca (slika 48). Rukom podignemo magnet zajedno s kotvom i zdjelicom. U zdjelicu stavimo neke predmete iz naše zbirke, sve dok ih magnet može nositi. To upamtimo. U zdjelicu možemo stavljati i utege pa time izraziti nosivost magneta.

II) Na sredini magneta (koja je označena pri pokusu br.36) pritvrdi s tankim konopcem zdjelicu napravljenu u prvom dijelu ovog pokusa. Na magnet položi omotač jezgre skladno skici 48b. Koliko je sada magnet jak? Iako je magnet isti snaga mu je znatno veća. Djeluju oba pola magneta dok je u prijašnjem pokusu djelovao samo jedan.

Pribor: 10, 17, 18, ljepenka, nit, razni predmeti

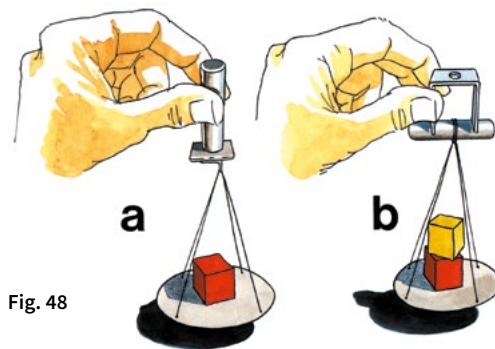


Fig. 48

49. MAGNETSKA IGLA.

U kompasu (38) koji je sastavni dio zbirke, nalazi se magnetska igla. Kako tu iglu ne možemo izvaditi, napraviti ćemo drugu kako slijedi: dvije duže igle za šivanje položimo ušicama jednu preko druge i čvrsto ih vežemo tankom niti. Magnetiziramo ih sjevernim polom magneta na jednom kraju a južnim na drugom. Ako objesimo igle na 12 do 20 cm dugu nit i pričekamo da se umire jedna će pokazivati prema sjeveru a druga prema jugu.

Pribor: 10, 2 igle za šivanje, nit, papir

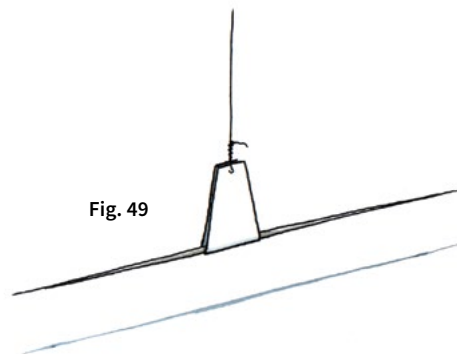


Fig. 49

50. SNAGA MAGNETSKOG POLJA.

Magnetsku iglu objesimo na stalak i pričekamo da se umire. Na udaljenost od 10 cm približimo magnet sjevernim polom prema igli. Da li se pokrenula? Pričekajmo da se umiri te pokušajmo isto drugim polom. Ako se zbog velike udaljenosti igla ne pokrene napravimo isti pokus smanjujući udaljenost. Magnetsko polje je vrlo veliko premda je magnet mali. Pokusima smo dokazali da snaga magnetskog polja pada s kvadratom udaljenosti. Najjače polje je u neposrednoj blizini magneta.

Pribor: (20), (49), 10

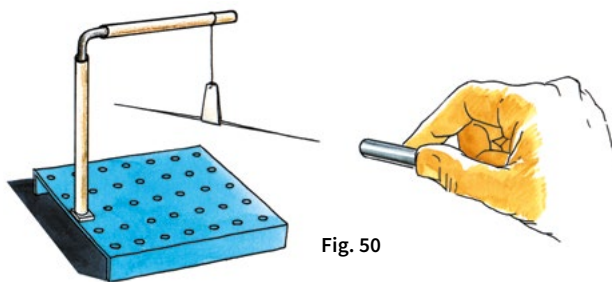


Fig. 50

51. KOMPAS.

U našoj zbirci se nalazi kompas koji je nešto drugačiji od običnog. Ima jedan dio više. Obični kompas se sastoji od magnetske igle koja svojim plavo obojenim krajem pokazuje sjever a crvenim jug. Magnetska igla se okreće na čeličnom šiljku a nalazi se u kutiji koja na dnu ima naznačene strane svijeta. Uobičajene su međunarodne oznake prema engleskim nazivima:

- S = jug (south)**
- N = sjever (north)**
- E = istok (east)**
- W = zapad (west)**

Naš kompas ima pored navedenih dijelova još jednu žutu iglu koja služi kao kazaljka u slučaju da se kompas rabi kao galvanoskop. Radi boljeg razumijevanja u daljnjim pokusima ćemo crtati samo magnetsku iglu.

Pribor: 34

Fig. 51

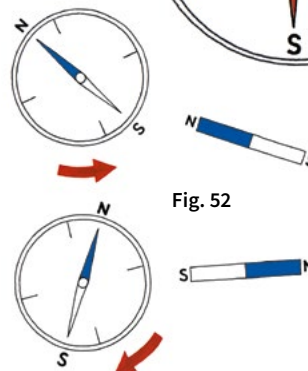
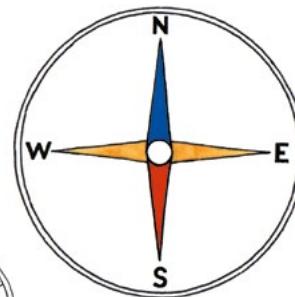


Fig. 52

52. MEĐUSOBNO DJELOVANJE POLOVA.

- I) južnom polu magnetske igle približimo sjeverni pol magneta.
 - II) sjevernom polu magnetske igle približimo sjeverni pol magneta.
 - III) izvedemo gornje pokuse s južnim polom magneta.
- Pravilo koje se iz tog vidi glasi: istoimeni polovi magneta se odbijaju a raznoimeni privlače.

Pribor: 10, 34

53. KOMPAS U MAGNETSKOM POLJU.

U sredinu većeg papira za risanje položimo magnet i s pomoću kompasu ustanovimo opsežnost magnetskog polja. Ispitajmo na 30 raznih mjesta položaj magnetske igle i to narišimo na papir. Magnetska igla se u magnetskom polju postavlja u smjeru magnetskih silnica.

Pribor: 10, 34, papir

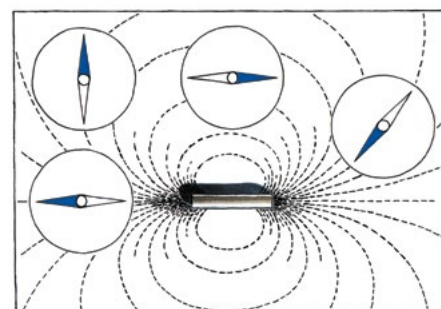


Fig. 53

54. ZEMLJA KAO MAGNET.

Slika 54 pokazuje Zemlju sa njezinim magnetskim silnicama. Pravac sjever (N) - jug (S) odgovara zemljopisnoj osi Zemlje. Kako i Zemlja utječe na magnetsku iglu smatramo da je Zemlja ogroman magnet koji ima svoj južni pol u blizini sjevernog geografskog pola, a sjeverni u blizini južnog. Magnetsko polje Zemlje obuhvata čitavu Zemlju. Magnetska igla se u tom polju postavlja u smjeru magnetskih silnica koje teku od sjevera prema jugu.

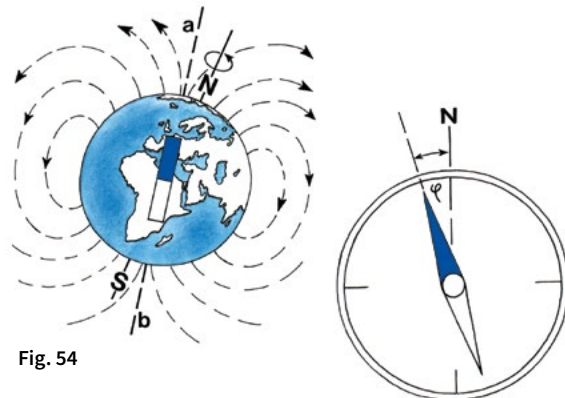


Fig. 54

Fig. 55

55. MAGNETSKA DEKLINACIJA.

Magnetni polovi Zemlje nisu jednaki zemljopisnim polovima, pa magnetna igla ne pokazuje točno prema sjeveru, nego se od njega odmiče. Pravac a - b (gledaj sliku 54) se zove magnetni meridijan. Kut j kojeg zatvaraju magnetni meridijan (a - b) i zemljopisni meridijan (N - S) zovemo magnetna deklinacija. Mjerenjima koja su trajala godinama ustanovljeno je da magnetska deklinacija nije u svim krajevima Zemlje jednaka i da čak u istom mjestu nije uvijek ista. Kako je u prometu kompas važno sredstvo orijentacije moramo znati kolika je deklinacija u pojedinim mjestima. Ti se podaci mogu naći u magnetskim kartama.

Pribor: 34

56. ORIJENTACIJA ZEMLJOPISNE KARTE.

Zidnu kartu Europe položimo na stol. Na rub karte postavimo kompas i okrećemo kartu tako dugo da se rub karte poklopi sa smjerom magnetske igle. U tom položaju karta je orijentirana prema sjeveru. Potražimo na karti mjesto u kome vršimo pokus. Pokažimo u kom mjestu leži Atena, Zagreb, Ljubljana i drugi europski gradovi. Da bi orijentacija bila potpuna moramo voditi računa o deklinaciji. To je kut koji stvaraju geografski i magnetski meridijan.

Pribor: 34, karta Europe

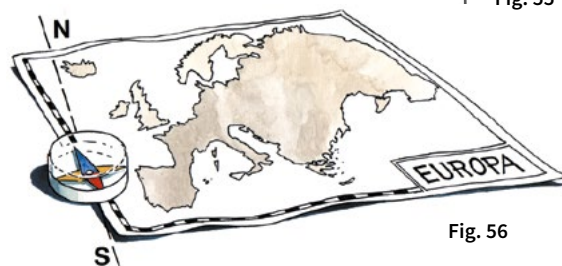


Fig. 56

57. DJELJENJE MAGNETA.

Magnetizirajmo željeznu iglu za pletenje. S pomoću kompas se možemo uvjeriti da ima dva pola, sjeverni i južni. Prelomimo iglu na dva dijela. Svaki dio je potpuni magnet sa sjevernim i južnim polom. Prelomimo nastale dijelove na dva nova dijela itd. U koliko god dijelova podijelili magnet svaki novo nastali dio je magnet za sebe.

Pribor: 10, 34, željezna igla za pletenje

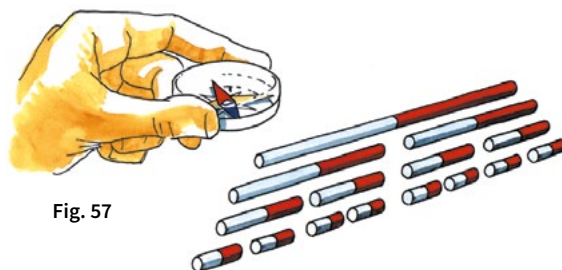


Fig. 57

58. USMJERAVANJE SITNIH MAGNETA.

Promiješajmo kutiju sa strugotinama željeza koja se nalazi u našoj zbirci. Na kutiju postavimo kompas, kad se igla zaustavi polako okrećemo kutiju zajedno s kompasom (slika 58 lijevo). Magnetska igla neće promijeniti svoj smjer. Ponovimo pokus još jedanput s tim da na kutiju postavimo magnet i dobro promješamo strugotine (slika 58 u sredini). Magnet zatim uklonimo i na kutiju ponovo stavimo kompas. Igla će se brzo zaustaviti. Kod okretanja kutije sa strugotinama okreće se i magnetska igla. Zašto?

Pribor: 3, 10, 34

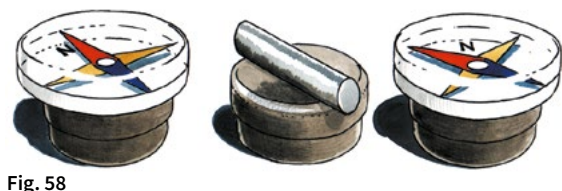


Fig. 58

59. MAGNETSKI UTJECAJ.

Bilo koji komad željeza iz naše zbirke uronimo u strugotine i uvjerimo se da nije magnetičan. Svaki takav komad će se magnetizirati približno li mu magnet (slika 59). Čim magnet udaljimo željezo gubi magnetizam. Ta je pojava poznata kao magnetska influenca ili utjecaj.

Pribor: 3, 10, 15

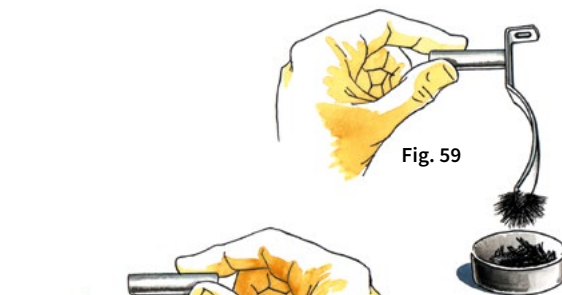


Fig. 59

60. REMANENTNI MAGNETIZAM.

Željeznu jezgru (17) koju držimo s pomoću magneta zaronimo u kutiju s vijcima i maticama. Željezo će privući mnogo vijaka i matica što je znak da je magnetizirano. Podignimo magnet zajedno sa željezom, vijcima i maticama, prihvatimo ga rukom i uklonimo magnet. Većina predmeta će pasti što je znak da je magnetizam popustio. Pojedini vijci i matice će se zadržati izvjesno vrijeme. Magnetizam prema tome nije u potpunosti iščezao. Opisana pojava se zove magnetska remanenca koja je od velikog značenja u izgradnji istosmjernih generatora.

Pribor: 5, 6, 10, 16

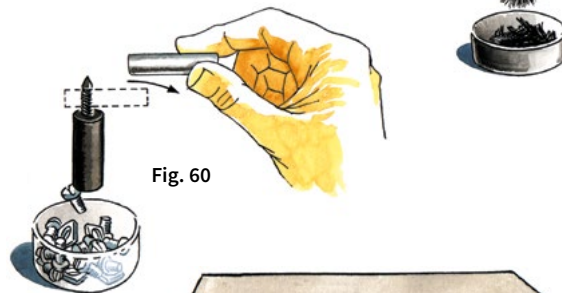


Fig. 60

61. DJELOVANJE MAGNETA KROZ RAZNE MATERIJALE.

Na slici 61 prikazan je pokus gdje se između magneta i željezne matice nalazi karton. Unatoč tome magnet maticu privlači. Ako pomaknemo magnet pomaknut će se i matica. Pokušajmo da li magnet djeluje kroz plastično ili drveno ravnalo na koje smo stavili maticu. Pokušajmo se možemo lako uvjeriti da magnetsko polje djeluje kroz staklo, bakar, aluminij, drvo, kao i kroz mnoge druge materijale ali se zaustavlja na željezu.

Pribor: 6, 10, karton, drveno ravnalo

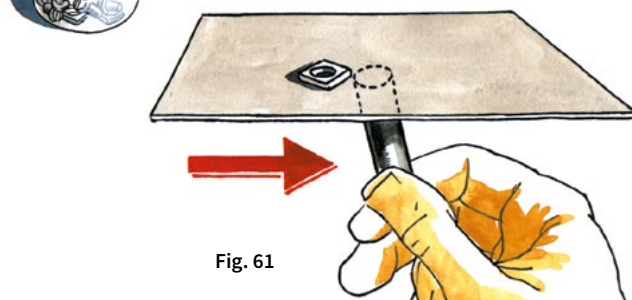


Fig. 61

62. BLOKIRANJE MAGNETA.

Magnet iz naše zbirke zatvorimo u željeznu kutiju od bombona ili neku sličnu. Kompasom se možemo uvjeriti da je magnetsko polje kroz to dosta oslabilo. Ako bi stijenke kutije bile deblje, djelovanje magneta bilo bi potpuno blokirano. Željeznim oklopima možemo spriječiti djelovanje magneta prema vani kao i djelovanje vanjskih magneta na unutrašnjost oklopa.

Pribor: 10, 34, željezna kutija



Fig. 62

63. ASTATSKI PAR MAGNETSKIH IGALA.

U tehnici često rabimo magnetske igle koje nisu pod utjecajem zemaljskog magnetizma. To su astatski parovi igala koje možemo izraditi na sljedeći način: dvije duže igle za šivanje magnetiziramo tako da kod ušica nastanu istoimeni polovi. Igle zabodemo u papirnatu cjevčicu tako da su polovi sa svake strane raznoimeni (slika 63). Ako takav astatski par igala objesimo na tanku nit, magnetske igle neće se postaviti u smjeru sjever-jug. Astatski par igala rabimo kod gradnje osjetljivih galvanoskopa i galvanometara.

Pribor: 10, 2 igle, papir, nit

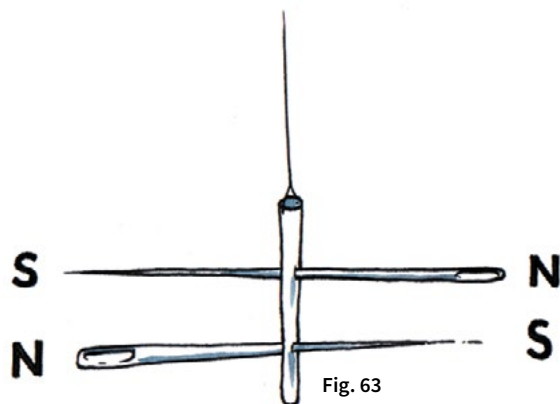


Fig. 63

64. MAGNETSKA KOČNICA.

Na stalak koji smo rabili u pokusu br. 20, objesimo zvonce od aluminija s otvorom prema dolje (slika 64). Ovo ćemo najlakše izvesti ako oko ruba zvona zalijepimo deblji papir i na njega učvrstimo tri niti s pomoću kojih zvono objesimo na stalak. Ono mora biti tako visoko da pod njegov rub stane magnet. Pokus ima dva dijela:

I) magnet uklonimo, zvono polako zavrtimo i brojimo koliko će okretaja biti u jednom a koliko u drugom smjeru.

II) kad se zvono potpuno umiri, pod sam rub podmetnemo magnet i zvono okrenemo na isti način kao ranije, pa ponovo brojimo koliko okretaja će napraviti u jednom a koliko u drugom smjeru. Primjetit ćemo da sad neće napraviti toliko okretaja a i kretat će se sporije. Zašto? Znamo da magnet ne privlači aluminij a ipak smo vidjeli da djeluje kao kočnica. Zvonce se okreće u magnetskom polju. Magnetske silnice stvaraju u aluminiju električnu struju koja ima svoje polje suprotno polju magneta. Na taj način dolazi do kočenja.

Pribor: (20), 10, 13, nit, karton

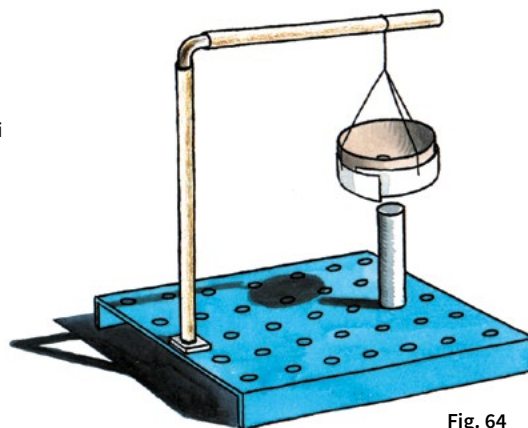


Fig. 64

65. BRODSKI KOMPAS.

Brodski kompas je drugačiji od kompasa kojim smo se dosad služili. Možemo izraditi model brodskog kompasa. Iz tankog kartona izrežemo krug promjera 10 cm i na njega narišemo vjetrulju kao što ima naš kompas. Osim toga na obod kruga nanesimo skalu od 360 stupnjeva od oznake N nadalje. Na tu vjetrulju nalijepimo s pomoću dvije papirnate trake magnetsku iglu iz pokusa br. 49, tako da njen sjeverni pol padne na oznaku N na kartonu. Tako izrađen kompas objesimo s pomoću tankih niti na stalak kojim smo se do sad koristili. Kod tog kompasa se ne okreće samo magnetska igla već i vjetrulja. Nakon izvjesnog vremena kompas se zaustavlja i igla pokazuje smjer sjever - jug. Ispod tako napravljenog kompasa stavimo knjigu koja nam predstavlja brod. Na knjig namjestimo malu papirnatu traku s okomitom crtom. Ako je brod okrenut točno prema sjeveru, sjeverni pol našeg kompasa nalazit će se točno prema crti. Sad dolazi kapetan i zapovjedi: "Brod 8 stupnjeva istočno." Kormilar će okrenuti kormilo a time i brod, tako da će se crtica nalaziti na 8 stupnjeva istočno. Magnetska igla će kod toga i dalje pokazivati prema sjeveru. Da bi se izbjegle pogreške koje mogu nastati zbog ljuljanja broda, brodski kompas je obješen o dvostruki обруч tzv. Kardan.

Pribor: (20), (49), karton, nit, knjiga, papir

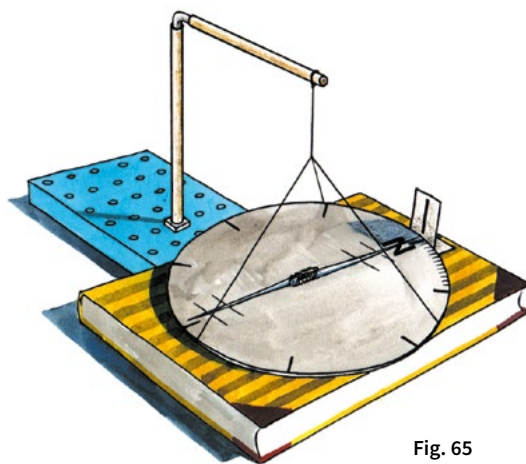


Fig. 65

66. MAGNETSKA DEVIJACIJA.

Izvedimo zadatak zapovjednika broda iz prijašnjeg zadatka. Brod sad više ne plovi prema sjeveru već 8 stupnjeva istočno. Približimo našem kompasu veći čekić ili drugi željezni predmet. Znamo da se magnet i željezo međusobno privlače, pa će zbog toga čekić privući magnetsku iglu i brod će usljed nastalih smetnji skrenuti s pravog puta. Te se smetnje javljaju na svim brodovima. One se zovu magnetske devijacije. Uzrok tim pojavama je prije svega sam brod jer je izrađen od željeza. Željezni su i strojevi koji ga pokreću. Smetnje mogu nastati usljed tereta koje sadrži željezo, nikal ili kobalt. Za uklanjanje devijacija, brodski kompas opskrbljen je pokretnim magnetskim šipkama i pomičnim željeznim kuglama. Možemo korigirati devijaciju našeg brodskog kompasa ako magnetskoj igli i s druge strane približimo komad željeza ili manji magnet sve dok se kompas ne vrati na kurs 8 stupnjeva istočno.

Pribor: (65), čekić

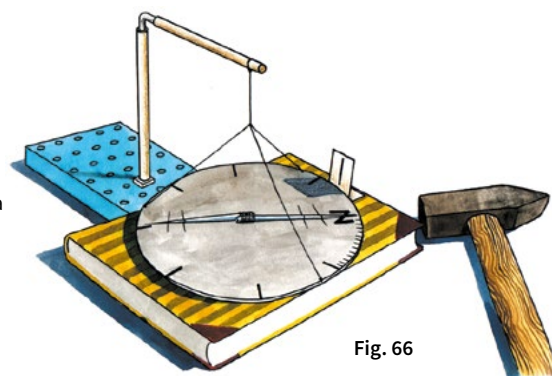


Fig. 66

67. MAGNETSKE IGLE NA VODI.

S pomoću 6 igli za šivanje možemo izvesti zanimljiv pokus koji će nam pokazati posljedice međusobne privlačnosti i odbijanja magnetskih polova. Igle magnetiziramo u istom pravcu. Od pluta izrežemo 6 malih kocki, te u njih zabodemo igle, koje zatim stavimo u posudu s vodom ušicama prema dolje. Magnetske igle plivaju. One se odbijaju ali samo neko vrijeme. Javljaju se privlačne sile između vrhova igala s jednim polom i ušica sa suprotnim. Izvedimo isti pokus i s 5, 4 ili 3 igle.

Napomena: posuda mora biti dosta široka i ne smije biti željezna.

Pribor: 10, posuda s vodom, 6 igala, 6 malih čepova

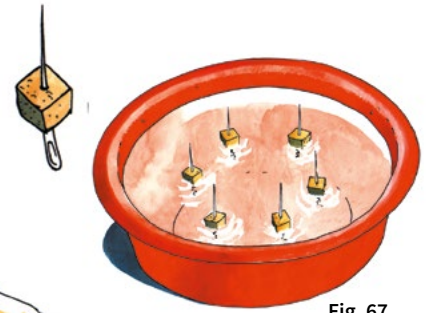


Fig. 67

68. OBRNUTO MAGNETSKO POLJE.

Magnet koji visi o tankom koncu zavrtimo 8-10 puta u istom smjeru i pustimo da se vrti. Ispod postavimo kompas. Magnetska igla kompasa će se okretati zajedno s magnetom jer se s njim okreće i njegovo magnetsko polje.

Pribor: 10, 34, papir, nit



Fig. 68

BATERIJE I ELEMENTI

69. BATERIJA.

Baterija se može kupiti u svakoj trgovini. Poznat je i po imenu baterija. Naša baterija (slika 69) nalik je na uspravnu kutiju. Iz nje izlaze dva metalna priključka. To su polovi baterije. Manji je pozitivan (+) a veći negativan (-) pol. Polovi baterije ne smiju biti u dodiru jer se u tom slučaju baterija brzo istroši.

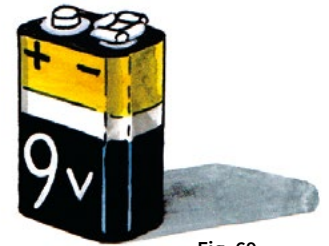


Fig. 69

70. POKUS BATERIJE.

U ovoj zbirci imamo više sprava s pomoću kojih možemo ispitati valjanost baterije. To su električna žaruljica i galvanoskop. Ako žaruljica svijetli ili ako se kazaljka galvanoskopa otkloni, baterija je u redu. Tijekom pokusa baterija se prazni.

Pribor: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, baterija

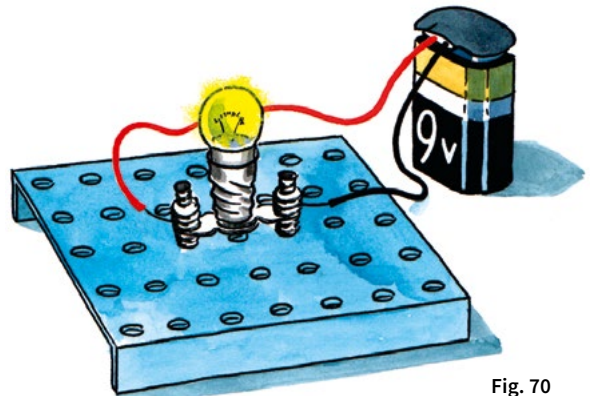


Fig. 70

71. ELEKTRIČNA ŽARULJICA.

Djelovanje električne žaruljice će objasniti sljedeći pokus: u komad daske zabijemo dva čavla tako da budu jedan od drugoga udaljeni 1 cm. Između njih razapnemo željeznu žicu debljine 0,1 mm. Kroz žicu pustimo struju iz nove baterije (slika 71 lijevo). Željezna žica će se zažariti. Ako bi rabili struju iz dvije baterije žica bi izgorjela. Na toj osnovi građene su električne žaruljice. U staklenom balonu u kome nema zraka nalazi se vrlo tanka žica od volframa, metala s visokim talištem. Ta se žica pod utjecajem struje užari ali ne može izgorjeti jer u balonu nema kisika. U njemu je argon. Žaruljica je vrlo osjetljiva sprava. Ne smije pasti, niti se drmati, naročito kad svijetli. Rabiti se smije samo za napon koji je propisan, a označen je na uvojnici žarulje. Žaruljica iz naše zbirke može se priključiti na bateriju napona 9 V. Kod većeg napona žarna nit bi izgorjela.

Pribor: komad daske, 2 čavla, željezna žica, baterija

POZOR:

- baterija je u kratkom spoju!
- baterija neka bude priključena samo kratko vrijeme, koliko je potrebno za razumijevanje pokusa!
- pazi da se ne opečeš!

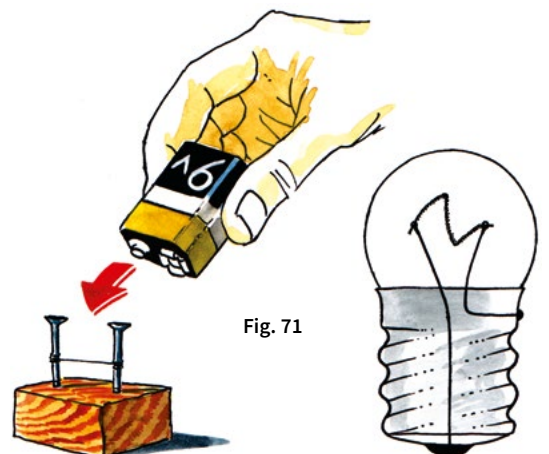


Fig. 71

72. UNUTRAŠNOST BATERIJE.

9V baterija sastavljena je od šest članka ili elementa (ne zamijeniti s elementima u kemiji). Svaki element se sastoji od posudice iz cinka, vrećice s ugljenom prašinom i otopine salmijaka. Članci su međusobno povezani na sljedeći način: cink prvog članka je slobodan; negativan priključni pol ugalj prvog članka je spojen s cinkom drugog članka; ugalj drugog je spojen s cinkom trećeg članka...; ugalj zadnjeg - šestog članka je slobodan, pozitivan priključni pol. Iz baterije vire dva priključna pola, negativan i pozitivan.

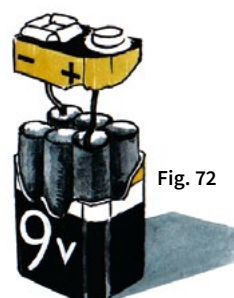


Fig. 72

73. TROŠENJE BATERIJA.

Baterije traju samo neko vrijeme. Nakon što se istroše se bacaju. Što se u baterijama troši? Troše se posudice od cinka a i otopina salmijaka. Potpuno su dobre vrećice s ugljenim štapićem i prašinom manganovog oksida. Istrošene baterije bacajte u za tu svrhu namjenjene kontejnere (zbirališta).



Fig. 73

74. ELEKTRICITET IZ ŽABLJIH KRAKOVA.

Godine 1791. objavljen je čuveni pokus Galvania, profesora anatomije na sveučilištu u Bologni. On je na željeznu rešetku objesio bakrenu kuku na kojoj su visila dva žablja kraka. Zbog vjetrova su se kraci njihali i dodirivali željeznu rešetku. Kad god bi se to desilo trzali su se kao da su živi. Galvani je mislio da je uzrok trzanja elektricitet životinjskog tijela. Istog su mišljenja bili i drugi znanstvenici tog doba. Aleksandar Volta je mislio drugačije. On je bio profesor na Univerzitetu u Paviji. On je također tvrdio da je uzrok trzanja elektricitet, ali je odbio mišljenje da je to elektricitet životinjskog tijela, i tvrdio da nastaje usljed dodirivanja, s jedne strane dva metala, željezo i bakar, i s druge, vlažnog tijela koje ne mora biti životinjsko. Više godina je trajala borba između Volte i istomišljenika galvanija. Tek 1799. godine Volta je izradio spravu s pomoću koje je dokazao svoju tvrdnju. I mi ćemo napraviti tu spravu ali se prije moramo upoznati s aparatom za mjerenje elektriciteta. Ta se sprava zove galvanoskop.

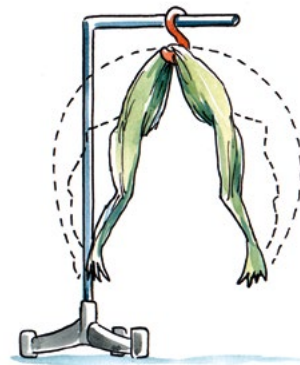


Fig. 74

75. GALVANOSKOP.

Galvanoskop iz zbirke ima tri sastavna dijela. Kompas (K), podlogu (P) i uzvojnica (T). Kompas ima pored magnetske igle s crveno plavim kracima i žutu metalnu iglu. Prilikom mjerenja kompas treba umetnuti u uzvojnica galvanoskopa koji treba okrenuti tako da žuta kazaljka pokazuje na 0. Prilikom mjerenja u blizini galvanoskopa ne smiju se nalaziti ni magnet ni komadi željeza.

KOMPAS

UZVOJNICA

PODLOGA

Pribor: 1, 34

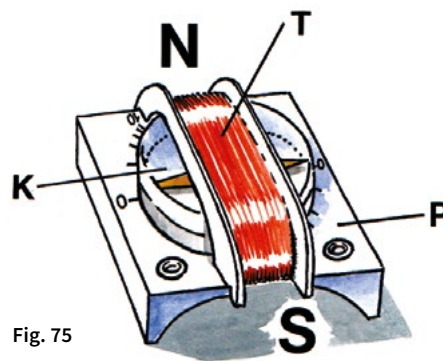


Fig. 75

76. VOLTINO OTKRICE.

Pločicu od cinka (Zn) i bakra (Cu) iz naše zbirke očistimo brusnim papirom, dobro obrišemo i s pomoću dvije žice spojimo s galvanoskopom (slika 76). žuta kazaljka galvanoskopa mora pokazivati 0.

Pokusi:

I) između pločica stavimo komad novinskog papira - kazaljka se neće pomaknuti.

II) papir između pločica namočimo vodom. Kazaljka će se otkloniti kao dokaz da kroz galvanoskop ide električna struja.

III) promijenimo polove (žicu spojenju s cinkom spojimo s bakrom i obrnuto), kazaljka će se ponovo otkloniti, ali ovaj put u suprotnom smjeru.

IV) pritisnimo pločice jednu uz drugu. Otklon će se povećati

V) smanjimo površinu pločica, otklon će se umanjiti.

Voltin pokus se razlikovao od našeg. U njegovo doba još nisu znali za galvanoskop kojim bi mogli dokazati neznatne električne struje. Struju je Volta dokazao tzv. Voltinim stupom.

Na malu okruglu pločicu od cinka stavio je vlažnu krpicu iste veličine, a na krpicu stavio bakrenu pločicu. Zatim po još jednu cinkanu pločicu, krpicu, bakrenu pločicu itd.

Naizmjenice 60 puta. Time je dobio stup. U ovom se stupu dakle dotiču na jednoj strani bakar i cink a na drugoj ta dva metala posredstvom tekućine i krpice. Pri tom se stvara električna struja. To je bila prva sprava (baterija) koju je čovjek napravio za proizvodnju električne struje. Volta je tim jednostavnim otkrićem stekao u znanosti veliku slavu. Po njemu se jedinica napetosti struje zove Volt a sprava za mjerenje napetosti Voltmetar.

Instrument koji smo napravili u pokus br. 76 zove se voltin članak ili voltin element. Od voltinog otkrića do danas je izrađeno mnoštvo najrazličitijih članaka odnosno elemenata. Svi ti elementi se zovu u čast Galvania - galvanski elementi.

Instrument koji smo napravili u pokus br. 76 zove se voltin članak ili voltin element. Od voltinog otkrića do danas je izrađeno mnoštvo najrazličitijih članaka odnosno elemenata. Svi ti elementi se zovu u čast Galvania - galvanski elementi.

Svi ti elementi se zovu u čast Galvania - galvanski elementi.

Pribor: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, papir, voda

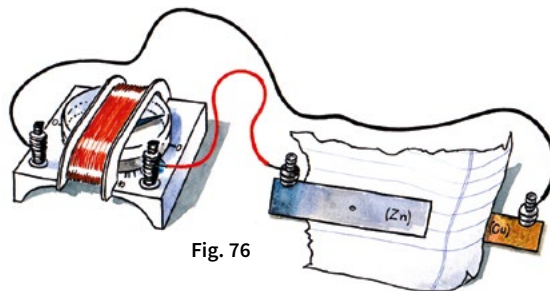


Fig. 76

77. ELEMENT OD BAKRA, CINKA I KUHINJSKE SOLI.

U staklenu čašu sa slanom vodom uronimo pločice od bakra i cinka koje smo s pomoću dvije žice spojili s galvanoskopom (slika 77). Kazaljka galvanoskopa će se jako otkloniti što je znak da se u elementu stvara struja.

Pribor: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, čaša, sol, voda

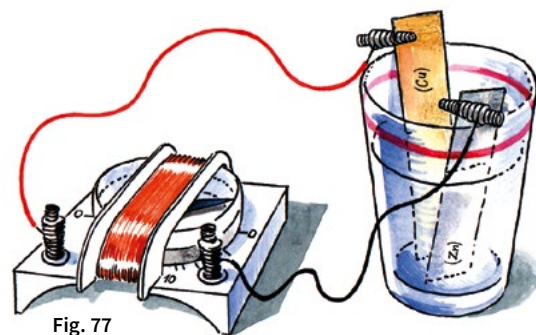


Fig. 77

78. POLARIZACIJA I DEPOLARIZACIJA.

I) galvanski element od cinka, bakra i kuhinjske soli spojimo s galvanoskopom.

Promatramo kazaljku galvanoskopa. Ona se u početku otkloni dokazivajući da element daje struju, no poslije se polako vraća. Struja se očigledno smanjuje. Dodavanjem soli možemo struju podići ali ne za dugo. Zbog čega dolazi od pada struje? Na pločici bakra gomilaju se mjehurići vodika koji nastaju raspadanjem soli. Ti mjehurići sprječavaju djelovanje elementa. Ova se pojava zove polarizacija.

II) drvenim štapićem ili krpicom uklonimo mjehuriće s bakra. Element ponovo daje struju.

III) odlijmo nešto vode i element napunimo opranim sitnim pijeskom. Element daje struju duže vremena. Mjehurići vodika se spajaju s kisikom iz zraka, a zrak se nalazi između zrna pijeska. Ovine se sprječava polarizacija. Pijesak dakle djeluje kao depolarizator.

IV) odlijmo nešto vode i element napunimo opranim sitnim pijeskom. Element daje struju duže vremena. Mjehurići vodika se spajaju s kisikom iz zraka, a zrak se nalazi između zrna pijeska. Ovine se sprječava polarizacija. Pijesak dakle djeluje kao depolarizator.

Ovine se sprječava polarizacija. Pijesak dakle djeluje kao depolarizator.

Pribor: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, čaša, sol, pijesak, voda

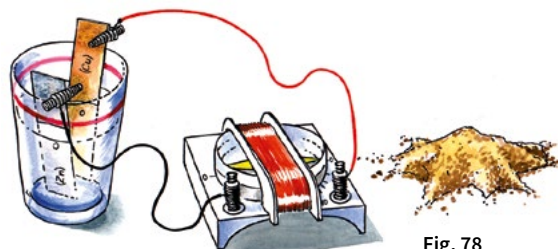


Fig. 78

79. LECLANCHÉOV ELEMENT.

9V baterija se sastoji od šest Leclanchéovih elementa u kojima je cink negativni pol, uglj pozitivan a manganov oksid depolarizator. Elektrolit (tekućina između polova) je otopina salmijaka u vodi u omjeru 1 : 3. Ta je otopina pomiješana sa škrobnim ljepljivom pa usljed toga ne teče. To je tzv. suha baterija.

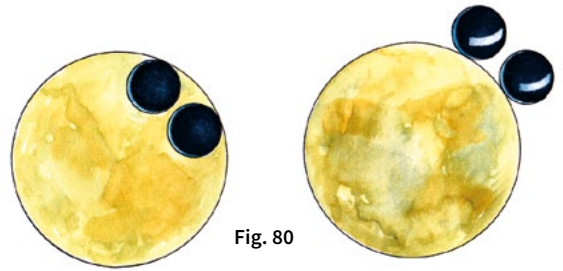


Fig. 80

80. KAKO U ELEMENTU NASTAJE STRUJA.

Metali izlučuju pod utjecajem električnih sila koje vladaju između tekućina i metala, pozitivne ione. Kroz to na metalima, u našem slučaju cinku, nastaje višak elektrona. Spojimo li s pomoću žica izvan elementa cink s ugljenom (odnosno u ranijem pokusu s bakrom), elektroni struje sa cinka, gdje ih je više, prema bakru odnosno ugljenu gdje ih ima manje. Tako nastaje električna struja. A što su ioni? Tijela su kao što znamo sastavljena od molekula i atoma a atomi od jezgre i elektrona. Svaki atom ima određeni broj pozitivnih naboja i isti toliki broj elektrona. Ako uklonimo iz atoma ili grupe atoma nekoliko elektrona, atom se pretvara u ion. Ion nastaje i kad atomu ili grupi atoma damo više elektrona no što mu pripada. U prvom slučaju je ion pozitivan a u drugom negativan. Na slici br. 80 prikazan je s lijeve strane shematski pozitivni a s druge strane negativni ion.

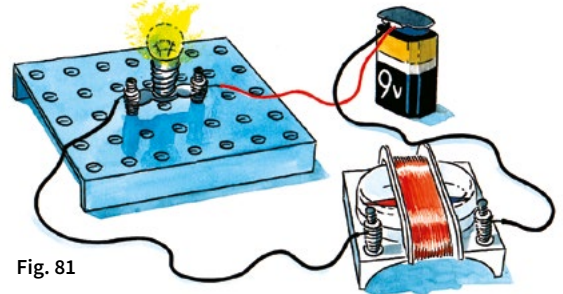


Fig. 81

81. STRUJNI KRUG.

Na slici br. 81 prikazan je strujni krug koji sačinjavaju baterija, žarulja, galvanoskop i spojne žice. Struja teče iz baterije u žarulju, iz žarulje u galvanoskop i iz galvanoskopa u bateriju. Dok struja teče žaruljica svijetli a kazaljka galvanoskopa se otklanja. Ako na nekom mjestu, bilo kojem, krug prekinemo struja prestaje teći. Struja teče samo u zatvorenom strujnom krugu.

Pribor: 1, 4 x 7, 8, 14, 33, 34, 35, baterija

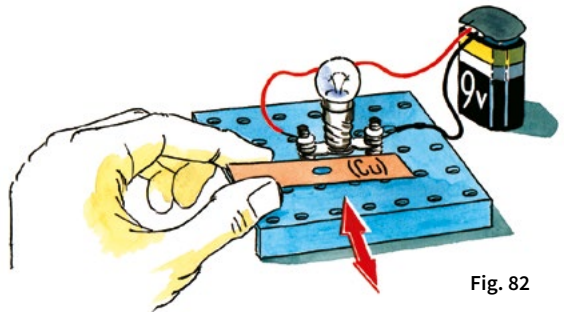


Fig. 82

82. KRATKI SPOJ.

S pomoću žaruljice i baterije uspostavimo strujni krug (slika 82). žaruljica svijetli. Ako dodirnemo oba pola baterije bakrenom pločicom ili nekim drugim metalnim predmetom, žaruljica se gasi. Napravili smo kratki spoj. U kratkom spoju baterija se brzo troši. Sa negativnog pola, teče bez otpora, vrlo jaka električna struja na pozitivni pol baterije. Ako želimo da nam baterija dugo traje moramo izbjegavati kratke spojeve.

Pribor: 2 x 7, 8, 14, 24, 33, 35, baterija



Fig. 83

83. OSIGURAČ.

Električna struja u domaćinstvu ima napetost 220V. Da ne bi došlo do šteta usljed kratkog spoja, u električni vod su ugrađeni osigurači. Oni se nalaze iznad brojila za struju i mogu biti elektromagnetski ili termički. Mi ćemo govoriti o termičkim osiguračima. Osigurač (slika 83) se sastoji iz keramičnog cilindra (1) sa kremenovim pijeskom (2) u kojem je tanka žica (3) pritrđena sa metalnim kopicama i oprugicom (4). Ta tanka žica pregori u slučaju kratkog spoja potrošača ili jakostnog (strujnog) preopterećenja. Ako se to dogodi treba najprije potražiti grešku u električnoj mreži. Razlog pregaranja osigurača može biti prevelik broj ukopčanih aparata (jakostno preopterećenje sa zbrajanjem potrošnje) ili kratak spoj na jednom od potrošača. Nakon što smo uklonili kvar namjestimo u osigurač novu patronu. Zabranjeno je i vrlo opasno popravljati pregorjele osigurače, kao što je prikazano na slici 83 desno. U tom slučaju može doći do požara ili oštećenja aparata.

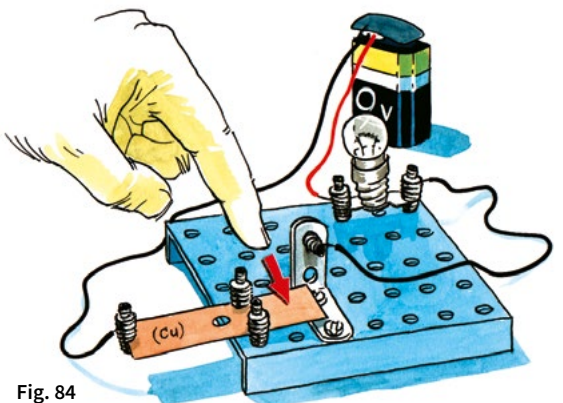


Fig. 84

84. ELEKTRIČNI PREKIDAČ.

Na slici 84 je prikazan električni prekidač i način njegovog spajanja s baterijom i žaruljicom. Ako pritisnemo prekidač strujni krug će biti zatvoren i žaruljica će svijetliti sve dok ga držimo pritisnutim. Na opisani način djeluje električni prekidač kod električnog zvona.

Pribor: 2 x 5, 2 x 6, 6 x 7, 8, 14, 24, 28, 33, 35, baterija

85. TELEGRAFIRANJE S POMOĆU SVJETLA.

Električni prekidač iz pokusa br. 84 možemo upotrijebiti kao telegrafski aparat. Telegrami se prenose s pomoću Morseove abecede sastavljene od dugih i kratkih bljeskova (slika 85). Naš svjetlosni telegraf pogodan je zbog toga što za prijenos znakova nisu potrebne žice. Nedostatak je u tome što se njime mogu povezati samo krajevi koji su vidljivi, i što se njime može raditi jedino noću. Ako želimo sačuvati tajnost poruka, moramo se služiti šifrom.

A	· ·	J	· · · ·	S	· · ·	1	· · · · ·
B	· · · ·	K	· · ·	T	-	2	· · · · ·
C	· · · ·	L	· · · ·	U	· · ·	3	· · · · ·
D	· · ·	M	· · ·	V	· · · ·	4	· · · · ·
E	·	N	· ·	W	· · · ·	5	· · · · ·
F	· · · ·	O	· · · ·	X	· · · ·	6	· · · · ·
G	· · ·	P	· · · ·	Y	· · · ·	7	· · · · ·
H	· · · ·	Q	· · · ·	Z	· · · ·	8	· · · · ·
I	· ·	R	· · ·			9	· · · · ·
						0	· · · · ·

Fig. 85

86. PREKIDAČ.

Električni prekidač koji smo upoznali u pokusu br. 84, pogodan je samo za instalacije u kojima se struja ukopčava za kratko vrijeme, kao što je to slučaj kod svjetlosnog telegrafa i električnog zvona. Ako želimo struju ukopčati za duže vrijeme, potrebna nam je sklopka koja je u najjednostavnijoj izvedbi prikazana na slici 86. Ako polugu sklopke okrenemo u lijevo uspostavit ćemo strujni krug i žaruljica će svijetliti. Kad ju okrenemo u desno žaruljica prestaje svijetliti. Kod sklopke u kućnim instalacijama poluge se okreću uvijek u istom smjeru i nalaze se u izoliranim kućištima. Metalne dijelove te sklopke ne smijemo dirati jer se radi o vrlo visokom naponu.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 4 x 7, 8, 14, 24, 2 x 28, 33, 35, baterija

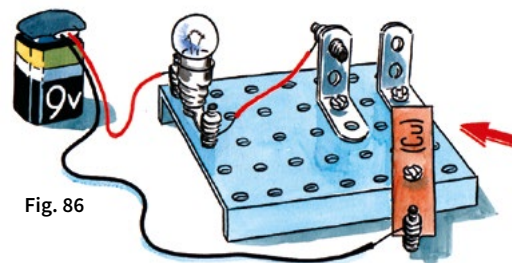


Fig. 86

87. SKLOPKA ZA DVIJE ŽARULJICE.

Jednom sklopkom možemo paliti i gasiti više žaruljica. Na slici br. 87 prikazane su dvije žaruljice koje se napajaju naizmjenice iz iste baterije. Slična sklopka za tri žaruljice bila bi potrebna naprimjer kod semafora u saobraćaju gdje se naizmjenično pale crveno, žuto i zeleno svjetlo.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 7 x 7, 8, 2 x 14, 24, 2 x 28, 33, 2 x 35, baterija

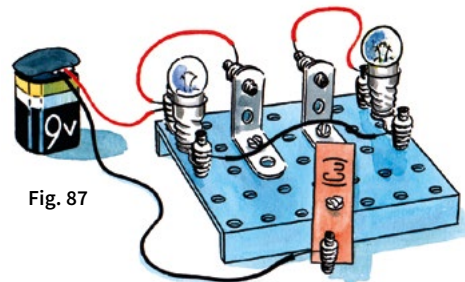


Fig. 87

88. JEDNA ŽARULJICA S DVIJE SKLOPKE.

Kakva bi instalacija bila potrebna da bi se žaruljica u sredini stepeništa palila i gasila u prizemlju i na prvom katu? Ta instalacija ima dvije sklopke, žarulju, izvor struje (u našem slučaju bateriju) i žicu za spajanje. S pomoću sastavnih dijelova iz naše zbirke možemo sastaviti dvije sklopke. Sa svake strane podloge po jednu. Slika 88 pokazuje kako su sklopke povezane međusobno i kakav je njihov spoj sa žaruljom i baterijom. S pomoću svake sklopke možemo žarulju paliti i gasiti. No također možemo žarulju upaliti jednom sklopkom, a gasiti drugom na katu ili obrnuto. Opisana instalacija se zove korespondentna.

Pribor: 6 x 5, 6 x 6, 8 x 7, 8, 14, 23, 24, 4 x 28, 33, 35, baterija

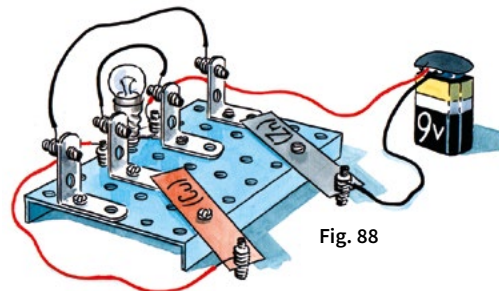


Fig. 88

89. PARALELNO VEZIVANJE ŽARULJA.

I) na bateriju spojimo paralelno tri žaruljice.

Promatranje: prva žaruljica sjaji punim sjajem kao i druga i treća. Kolika je snaga utrošene struje. Napon baterije iznosi 9V. Prva žaruljica troši 0,05 ampera (50 mA), druga i treća isto. Snaga struje je prema tome: $P = 9 (3 \times 0,05) = 1,35 \text{ W}$

II) jednu od žaruljica iz gornjeg pokusa izvijemo iz grla. Druge dvije svjetle i dalje. Paralelno vezivanje žarulja upotrebljava se kod kućne električne rasvjete.

Pribor: 6 x 7, 8, 3 x 14, 33, 3 x 35, baterija

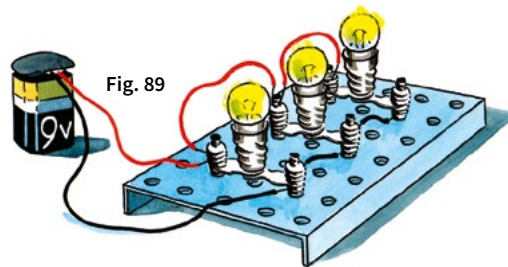


Fig. 89

90. SERIJSKO VEZIVANJE ŽARULJICA.

I) baterijom spojimo u seriju tri žaruljice. Jedna sama žaruljica svijetli punim sjajem dok dvije spojene u seriju svijetle mnogo slabije. Kod tri žaruljice spojene serijski svjetlo jedva da se vidi. U prvom slučaju kroz žaruljicu teče struja od 0,05 ampera, a napon iznosi 9 volti. Za dvije u seriju spojene žarulje napon bi morao iznositi dva puta toliko a za tri, tri puta toliko.

II) u gornjem pokusu izvijemo jednu od žaruljica iz grla. Sve se žaruljice gase jer je strujni krug prekinut.

Pribor: (89)

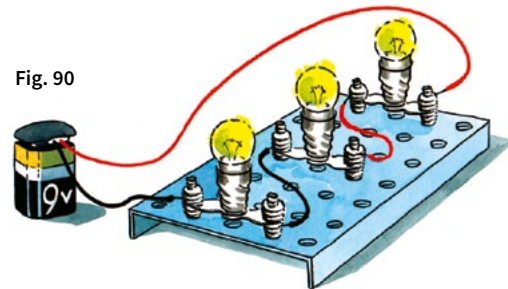


Fig. 90

91. POVEĆANJE NAPONA BATERIJE.

I) u pokusu 72 upoznali smo unutrašnjost baterije. Vidjeli smo da se ona sastoji iz šest elementa.

U tim elementima su pozitivne elektrode ugljeni štapići, negativne cincane posudice a elektrolit otopina salmijaka i vode. Manganov oksid djeluje kao depolarizator. Elementi su vezani u seriju. Napon pojedinog elementa iznosi 1,5V. čitava baterija ima $6 \times 1,5 = 9 \text{ V}$ (slika 91 lijevo).

II) ako dve baterije povežemo serijski (slika 91 desno), nastala baterija imat će $2 \times 9 \text{ V} = 18 \text{ V}$

Pribor: 2 baterije

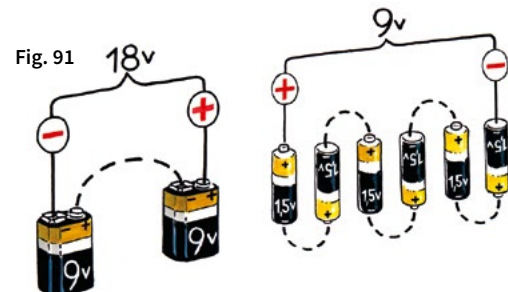


Fig. 91

92. POVEĆANJE SNAGE BATERIJE.

Nova baterija ima snagu dovoljnu za napajanje tri žaruljice od kojih svaka troši 0,05 A. Ako želimo bateriju veće snage moramo povezati nekoliko baterija paralelno (slika 92). Iako je napon svake od tih baterija 9V ukupni se napon ne povećava ali se zato povećava kapacitet paralelno spojenih baterija.

Pribor: 33, 3 baterije

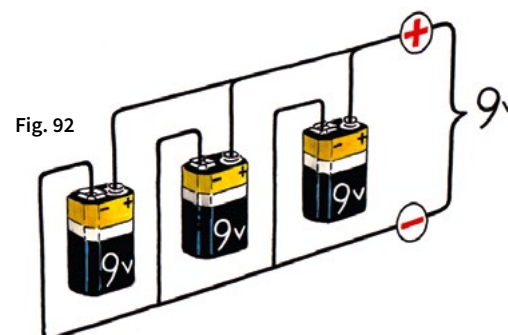
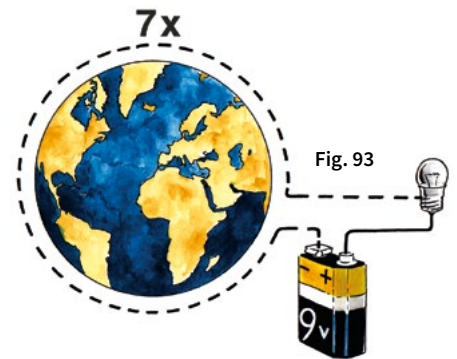


Fig. 92

93. BRZINA ELEKTRICITETA.

Električni signal može u jednoj samoj sekundi obići sedam puta oko zemljine kugle. Brzina elektriciteta iznosi 300.000 km u sekundi. (Pokus prikazan na slici 93 je neizvodljiv. Slika treba da nam pomogne da steknemo predodžbu o brzini elektriciteta.)



94. ISPITIVANJE PROVODNOSTI.

Iz dijelova zbirke "Elektropionir" možemo izraditi uređaj za ispitivanje provodnosti raznih materijala. Sastav uređaja prikazan je na slici 94.

I) grubo ispitivanje: predmet koji želimo ispitati položimo tako da dodiruje obe pločice. Time se uspostavlja strujni krug. Ako žaruljica zasvijetli, tijelo koje ispitujemo je vodič. Ispitajmo naprimjer olovku, ljepenku, reostat iz naše zbirke itd. Kod nijednog od tih tijela žaruljica neće zasvijetliti što nam govori da su spomenuta tijela izolatori. To međutim nije tako. U pokusu br 18 smo vidjeli naprimjer, da se s pomoću olovke može isprazniti nabijeni elektroskop. Kako protumačiti ovu proturiječnost?

Napon struje iznosi u našem pokusu 9V dok u pokusu br 18 iznosi nekoliko stotina V. da li su tijela vodiči ili izolatori ne ovisi samo o sastavu tijela, nego i o naponu struje pa se tako može reći da nema ni idealnih izolatora ni idealnih vodiča. Ipak znamo za dobre izolatore i dobre vodiče. Dobri vodiči su naprimjer, srebro, bakar i aluminij a dobri izolatori staklo, guma, porculan, polivinil i drugi.

II) u gore opisanom uređaju zamijenimo žarulju galvanoskopom. Ispitajmo ponovo provodnost žice u reostatu. Kazaljka galvanoskopa se otklanja što nam kazuje da žica od konstantana struju provodi, iako ne tako dobro kao bakrena žica.

III) ispitajmo provodnost krumpira. Veći krumpir razrežemo na dva dijela i jedan dio položimo na metalne pločice našeg uređaja. žaruljica vjerojatno neće zasvijetliti ali će se kazaljka galvanoskopa otkloniti dokazujući da krumpir propušta električnu struju. Propušta više što je veća kontaktna površina. Ni u kom slučaju ne smijemo dodirivati pokidane električne žice bez obzira na to da li one pripadaju visokom naponu ili se radi o telefonskim odnosno telegrafskim žicama. Osobito je opasno dodirivati vodiče mokrom rukom ili mokrim predmetima koje držimo rukama (naprimjer pri puštanju zmajeva).

Pribor: 2 x 5, 2 x 6, 4 x 7, 8, 14, 23, 24, 33, 35, baterija, razni predmeti

95. OTPOR VODIČA.

I) žaruljicu, uzvojnici i bateriju spojimo u strujni krug (slika 95). žaruljica svijetli tek neznatno. Očigledno je da kroz dugačku tanku žicu uzvojnice ne prolazi toliko struje kao kroz mnogo deblje i kraće spojne žice. Ako uzvojnici izostavimo iz strujnog kruga, žaruljica svijetli punim sjajem. Vodič pruža sjajan otpor. Napravimo slične pokuse s uzvojnicom galvanoskopa i rotora!

III) žaruljicu, uzvojnici i bateriju spojimo u strujni krug. žaruljica sjaji tek neznatno no naša pažnja je okrenuta drugoj pojavi. Prekinimo struju. žaruljica utrne. Da li će kod ponovnog uspostavljanja strujnog kruga žaruljica zasvijetliti u trenutku ukopčavanja struje? Neće. Od trenutka ukopčavanja struje do pojave svjetla proći će izvjesno vrijeme. Uzvojnica ne pruža strujni otpor samo zbog toga što je u njoj vrlo dugačka žica nego i zbog toga što je ta žica namotana i što je to uzvojnica u kojoj se prilikom ukopčavanja struje stvara druga, tzv. indukcijska struja koja je suprotna ulazećoj struji. Otuda kašnjenje. To je inuktivni otpor, za razliku od galvanskog otpora koji pruža sam vodič.

Pribor: 4 x 7, 8, 11, 14, 33, 35, baterija

96. OTPORNIK ILI REOSTAT.

U našoj zbirci se nalazi sprava koja se zove otpornik ili reostat. To je jezgra od izolacionog materijala na koju je namotana žica od konstantana. žica od konstantana ima velik električni otpor. Povežimo reostat, žaruljicu i bateriju u strujni krug (slika 96). Ako pomičemo kontakt K duž reostata, žaruljica sjaji jače ili slabije, ovisno o tome da li se otpornik skraćuje ili produžuje.

Pribor: 2 x 5, 2 x 6, 3 x 7, 8, 14, 30, 33, 35, baterija

97. ELEKTRIČNI GRIJAČ.

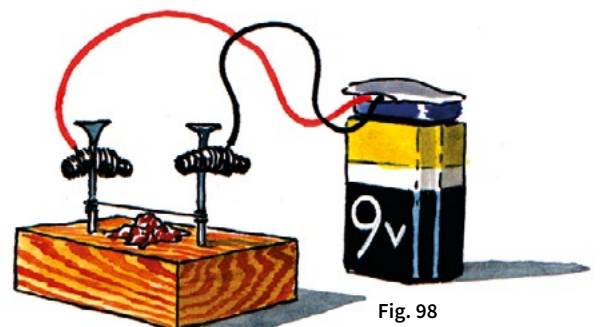
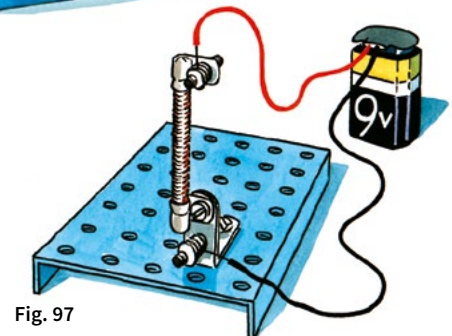
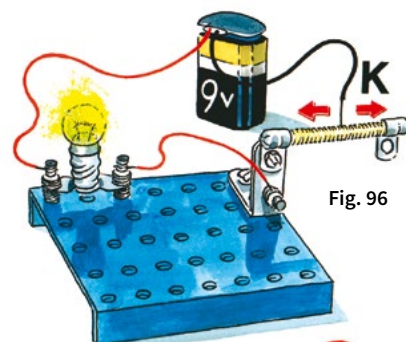
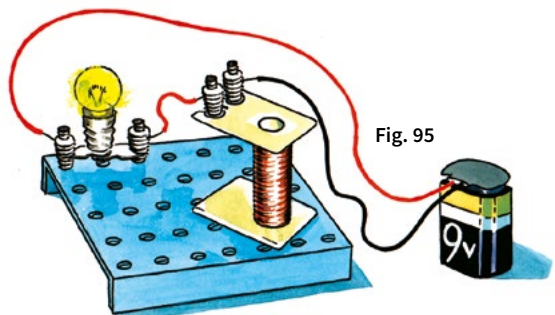
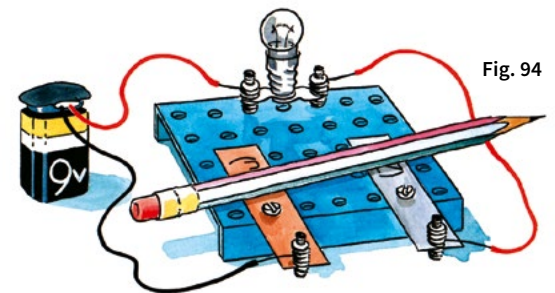
Uspostavimo strujni krug u kojem se nalazi baterija i pola našeg reostata (slika 97). Otporna žica kroz koju teče struja se grije. Napravili smo mali grijač. Na ovom principu građeni su: električni štednjak, glačalo, električni bojleri, radijatori i druge sprave. U navedenim spravama električna se energija prevara u toplinu.

Pribor: 2 x 5, 2 x 6, 2 x 7, 8, 28, 30, 33, baterija

98. ELEKTRIČNI UPALJAČ.

U manju daščicu zabijemo dva čavla na udaljenosti od 1 cm. Između čavala napnemo željeznu žicu promjera 0,1 mm. Na žicu natrusimo smrvljene glavice šibica pa ju spojimo s baterijom (slika 98). Glavice šibica će se zapaliti. Usljed električne struje željezna se žica ugrije i dolazi do paljenja. Na opisani način rade mine u rudnicima i kamenolomima. OPOMENA: Pokus izvedi na negorljivoj površini (metalni pladanj).

Pribor: 2 x 7, 33, daščica, 2 čavla, željezna žica, baterija

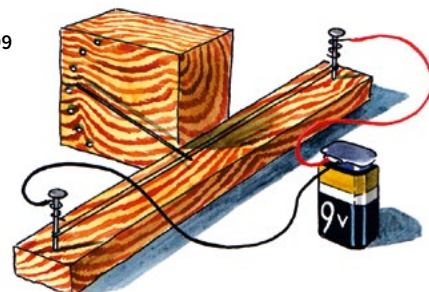


99. AMPERMETAR S TOPLOM ŽICOM.

U daščicu dužine 20 do 25 cm, širine 3 cm zabijemo dva deblja čavla. Između njih nategnemo dvostruku žicu od konstantana debljine 0,2 mm. Kao kazaljku namjestimo mali štapić od drveta ili papira (slika 99). Napravili smo model ampermetra s toplom žicom. Ako krajeve žice spojimo s baterijom, kazaljka se otkloni. Žica se naime zbog struje ugrije i zbog toga produži.

Pribor: 33, 37, daska, 2 čavla, štapić, baterija

Fig. 99



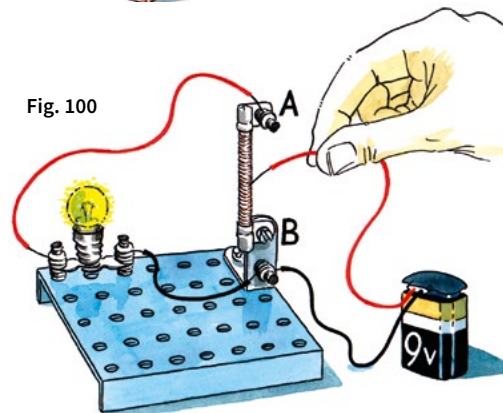
100. POTENCIOMETAR.

Žaruljicu, otpornik i džepnu bateriju spojimo (slika 100). Otpornik služi u ovom pokusu kao potenciometar.

Pokusi: slobodnim krajem žice koja vodi sa baterije dodirujemo potenciometar u točki A. žaruljica svijetli punim sjajem. Povucimo kontaktom od točke A do točke B! žaruljica se polako gasi i kod točke B se popuno ugasi. Kad struja teče kroz otpor u njemu nastaje pad napona. Kod priključka žaruljice u točki A ona je spojena direktno s baterijom te dobiva puni napon od 9V. Pomicanjem kontakta prema dolje napon se smanjuje pošto otpor raste. Na pola puta napon iznosi 9V a u točki B on je jednak 0.

Pribor: 5, 6, 4 x 7, 8, 14, 28, 30, 33, 35, baterija

Fig. 100



101. OHMOV ZAKON.

Tri baterije po 1,5 V povežemo serijski. Tako priređene baterije spojimo sa žaruljicom (slika 101). Ako spojimo samo preko prve baterije (1,5V) žaruljica neće svijetliti. Ako spojimo preko druge odnosno preko dvije baterije napon će biti veći (1,5V x 2 = 3V) te će zato žaruljica malo svijetliti. Ako spojimo preko treće odnosno sve tri baterije žaruljica će jače svijetliti (1,5V x 3 = 4,5V). Pokus bi mogli nastaviti do osam baterija (8 x 1,5V = 12 V) jer je žaruljica napravljena za napon od 12V.

Iz navedenog vidimo da je snaga struje veća što je napon veći. U pokusu 96 smo naučili da je struja jača što je manji otpor vodiča.

Jačina struje prema tome ovisi o napetosti izvora struje i otporu vodiča, odnosno potrošača. što je veća napetost i što je manji otpor, to je struja jača. To je Ohmov zakon.

Ako jačina, napon i otpor označimo međunarodnim simbolima:

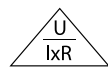
I = jačina (mjerena u amperima)

U = napon (mjereno u voltima)

R = otpor (mjereno u ohmima) onda je,

$$I = U/R$$

Radi lakšeg pamćenja koristimo se trokutom Ohmovog zakona:



Ako u tom trokutu prstom pokrijemo veličinu koju tražimo nalazimo da je:

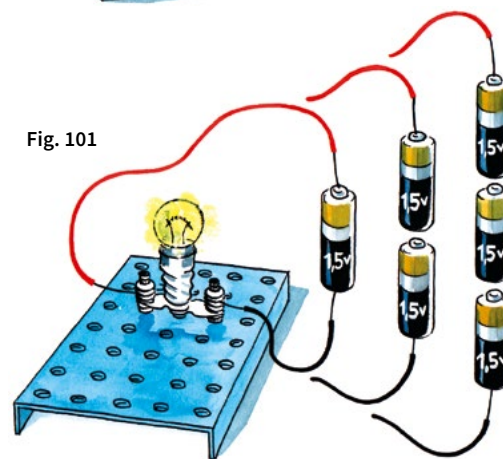
$$I = U/R$$

$$U = I \times R$$

$$R = U/I$$

Pribor: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, 3 baterije

Fig. 101



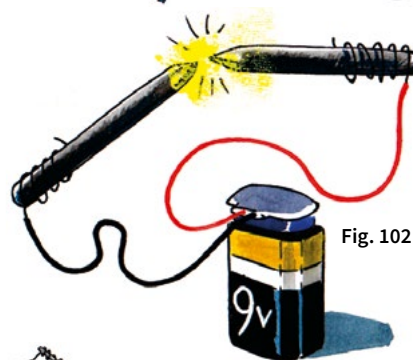
102. ELEKTRIČNI LUK.

Dva ugljena štapića zašiljimo i priključimo na bateriju (slika 102). šiljke štapića naslonimo jedan na drugi pa ih zatim razmaknemo. Između štapića pojavljuje se mali ali vrlo svijetao električni luk. Upotrijebim dvije ili više baterija! Izvedimo pokus pod vodom! Električni se luk

se koristio kao izvor svjetla u prvim kino-aparatima. Nekada se koristio i za javnu rasvjetu.

Pribor: 33, 2 ugljena štapića, baterija

Fig. 102

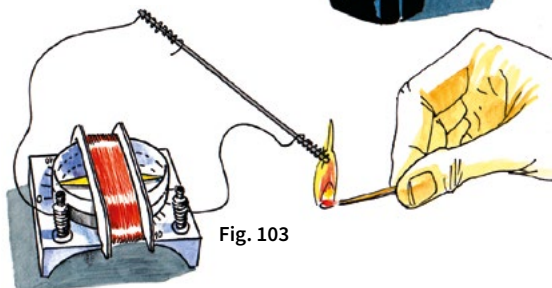


103. TERMOELEMENT.

Na svaki kraj željezne šipke dužine 12 do 13 cm učvrstimo namatanjem dva komada žice od konstantana promjera 0,2 mm. Krajeve žice spojimo s galvanoskopom (slika 103) Kad se kazaljka umiri (žuta kazaljka mora pokazivati 0) ugrijemo šibicom jedno spojno mjesto. Iglja će se otkloniti. Element koji smo napravili zove se termoelement i ima veliku primjenu u tehnici. On se pored ostalog koristi za mjerenje visokih temperatura u željezarama, keramičkoj industriji itd.

Pribor: 1, 2 x 7, 9, 34, 37, šibice

Fig. 103



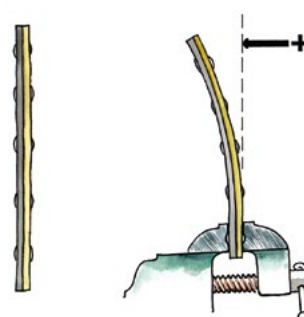
104. BIMETALNA TRAKA.

Komad željeznog lima veličine 10 x 1 cm i isto toliko velik komad cinčanog ili aluminijskog lima položimo jedan povrh drugog i zakovicama čvrsto spojimo. Ako jedan kraj tako nastale bimetalne trake učvrstimo i traku ugrijemo ona će se svinuti. Naime cink ima veći koeficijent rastezanja od željeza. Bimetalna traka se koristi za izradu termostata. To su električne naprave koje kod određene temperature prekidaju struju. čim temperatura padne

(ili se povisi) termostati struju ponovo ukopčavaju (slika 104 desno). Na taj način se održavaju određene temperature u hladnjacima, štednjacima, bojleria itd.

Pribor: željezni i cinčani lim, zakovice.

Fig. 104



105. MJERENJE VELIČINE OTPORA.

Za određivanje veličine otpora služi "Wheatstonov most" (slika 105). Izradit ćemo ga na sljedeći način:

I) na dasku dužine 60 i širine 8 cm zabijemo na udaljenosti od 50 cm dva čavla među kojima napremo uz samu dasku otpornu žicu od konstantana debljine 0,2 mm. Početak i kraj te žice priključimo na galvanoskop koji mora biti okrenut tako da žuta kazaljka pokazuje 0. II) ostali elementi mosta su otpor R (u zbirci pod br. 33) za koji znamo da ima otpor od 70 ohma, uzvojnica čiji otpor tražimo i baterija. Veze između tih elemenata prikazane su na slici.

III) dodirujemo kontaktom koji vodi od baterije nadalje otpornu žicu. Kazaljka galvanoskopa se otkloni. Potražimo mjesto na kojem se pri dodiru žice kazaljka ne otklanja i zabilježimo ga. Pretpostavimo da je to mjesto u točki C koja dijeli otpornu žicu na dva nejednaka dijela, "d1" i "d2". Ta dva dijela možemo izmjeriti.

Uzmimo da je "d1" = 30 cm, a "d2" = 20 cm.

Otpor uzvojnice izračunamo po formuli:

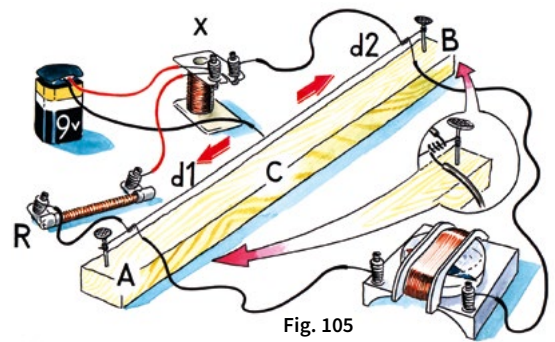
$$X = R \times d1/d2$$

$$X = 70 \times 30/20$$

$$X = 105 \text{ ohma}$$

Uzvojnica ima prema tome 105 ohma otpora. Obrazloženje gornje formule možemo naći u udžbeniku fizike.

Pribor: 1, 6 x 7, 11, 30, 33, 34, 37, daska, 2 čavla, baterija

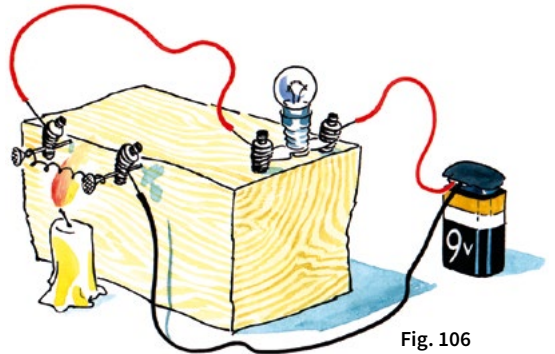


106. OVISNOST OTPORA O TEMPERATURI VODIČA.

I) u manju daščicu zabijemo dva manja čavla i između njih namjestimo malu spiralu od željezne žice promjera 0,1 mm. Spiralu, žaruljicu i bateriju spojimo u strujni krug, čim uspostavimo strujni krug žaruljica će zasvijetliti. Ako ugrijemo spiralu žaruljica će se ugasi. To je znak da je usljed visoke temperature porastao otpor željezne žice.

II) napravimo isti pokus s pomoću spirale od konstantana iste debljine. Otpor konstantana ne mijenja se zbog visoke temperature.

Pribor: 4 x 7, 14, 33, 35, daščica, 2 čavla, željezna žica, svijeća, baterija



ELEKTROMAGNETIZAM

107. ELEKTROMAGNET.

Na željeznu šipku iz naše zbirke motamo 20 - 30 navoja izolirane bakrene žice. Radi boljeg električnog spoja skinimo s krajeva bakrene žice izolaciju. žicu spojimo s baterijom i šipku uronimo u strugotine željeza. čim uspostavimo strujni krug šipka postaje magnet. Ako struju prekinemo šipka gubi magnetizam. Otkrili smo elektromagnet.

Pribor: 3, 2 x 7, 9, 33, 36, baterija

POZOR:

- baterija je u kratkom spoju!
- baterija neka bude priključena samo kratko vrijeme, koliko je potrebno za razumijevanje pokusa!
- pazi da se ne opečeš!



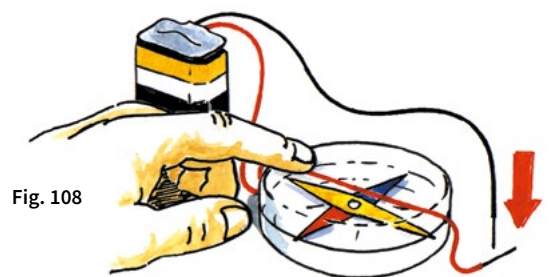
108. OERSTEDOVO OTKRIĆE.

Do otkrića elektromagneta došlo je kao i do mnogih drugih, sasvim slučajno. Danski fizičar Oersted primjetio je da se magnetska igla otklanja ako se u njoj blizini nalazi žica kroz koju ide struja. Ponovimo to otkriće! Iznad magnetske igle u kompasu držimo žicu za spajanje čije krajeve za trenutak spojimo s polovima baterije. Magnetska igla se otkloni i ostaje otklonjena sve dok ima struje. čim struju prekinemo magnetska se igla vraća u prvobitni položaj. Ako promijenimo polove magnetska se igla otklanja u suprotnom smjeru.

Pribor: 33, 34, baterija

POZOR:

- baterija je u kratkom spoju!
- baterija neka bude priključena samo kratko vrijeme, koliko je potrebno za razumijevanje pokusa!
- pazi da se ne opečeš!



109. ZBRAJANJE MAGNETSKIH POLJA.

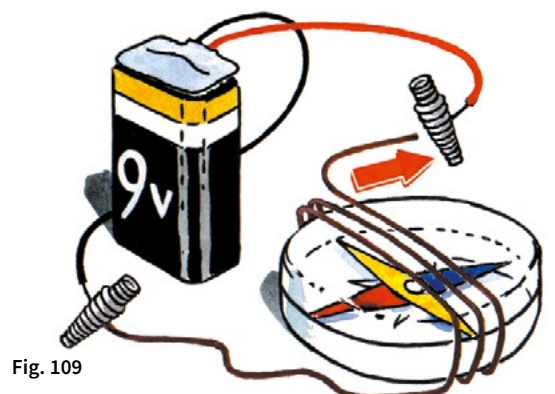
Omotajmo izoliranu bakrenu žicu više puta oko kompasu pa ju zatim za trenutak spojimo s baterijom. što je više puta omotana to će otklon magnetske igle biti jači.

Očigledno je da u uzvojnici svaki namotaj ima svoje magnetsko polje i da se magnetska polja namotaja zbrajaju. Na tom principu je građen i naš galvanoskop a i elektromagneti.

Pribor: 2 x 7, 33, 34, 36, baterija

POZOR:

- baterija je u kratkom spoju!
- baterija neka bude priključena samo kratko vrijeme, koliko je potrebno za razumijevanje pokusa!
- pazi da se ne opečeš!



110. MAGNETSKO POLJE VODIČA.

kroz sredinu većeg komada ljepenke provučemo bakrenu žicu (slika 110). žicu spojimo s baterijom. S pomoću kompasa ispitajmo magnetsko polje vodiča. Ispitat ćemo obim magnetskog polja i njegovu snagu. Ispitivanje vršimo na taj način da struju neprestano prekidamo i spajamo te promatramo otklon magnetske igle na raznim mjestima. magnetsko polje vodiča možemo ispitati i pomoću sitnih strugotina željeza koje prospemo po ljepenci te lagano pokucamo. Kod toga je potrebno više baterija.

Pribor: 3, 34, 36, ljepenka, baterija

POZOR:

- baterija je u kratkom spoju!
- baterija neka bude priključena samo kratko vrijeme, koliko je potrebno za razumijevanje pokusa!
- pazi da se ne opečeš!

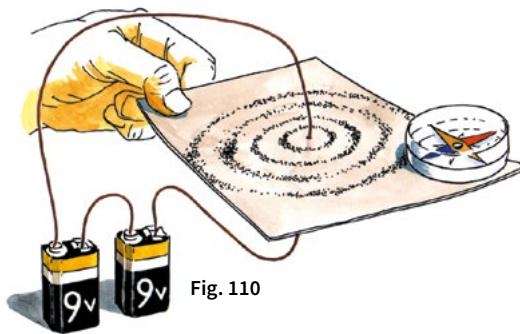


Fig. 110

111. UZVOJNICE KAO MAGNET.

U našoj zbirci se nalazi uzvojnica s 1000 navoja izolirane bakrene žice. Uzvojnica postavimo oko 2 cm od kompasa i kroz navoje pustimo struju iz baterije (slika 111). U trenutku ukopčavanja struje magnetska igla će se otkloniti i ostati otklonjena sve dok uzvojnica ide struja. Ako struju prekinemo magnetska igla se vraća u prvobitni položaj.

Pribor: 2 x 7, 11, 33, 34, baterija

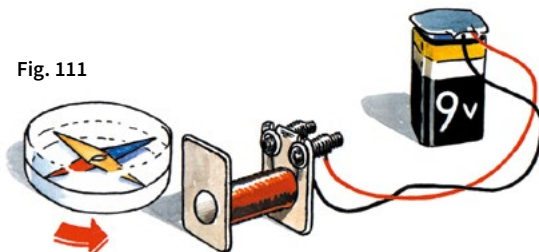


Fig. 111

112. ŽELJEZO U UZVOJNICI.

Pokus br. 111 ponovimo i upamtimo za koliki će se kut otkloniti magnetska igla. Struju zatim prekinemo pa u uzvojnici stavimo željeznu jezgru (ne magnet), koja se nalazi u našoj zbirci. Kad ukopčamo struju magnetska igla će se jako otkloniti. željezo u uzvojnici povećava magnetizam uzvojnice.

Pribor: 2 x 7, 11, 16, 33, 34, baterija

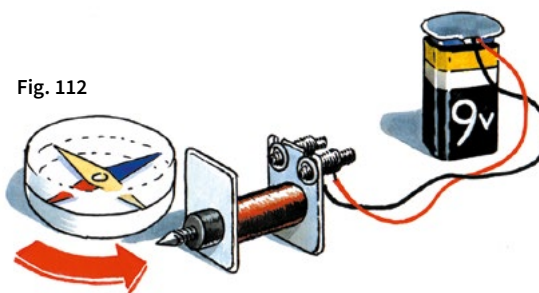


Fig. 112

113. ELEKTROMAGNETIZAM U OBLIKU ŠTAPA.

Na podlogu od plastične mase učvrstimo željeznu jezgru. Na nju nasadimo uzvojnici i spojimo s baterijom. Dobili smo elektromagnet u obliku štapa (slika 113). Pokusima se možemo uvjeriti da elektromagnet nastaje u trenutku ukopčavanja struje te da prekidom struje magnet gubi svoju snagu i ostaje samo neznatan trag magnetizma.

Pribor: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 33, 34, baterija

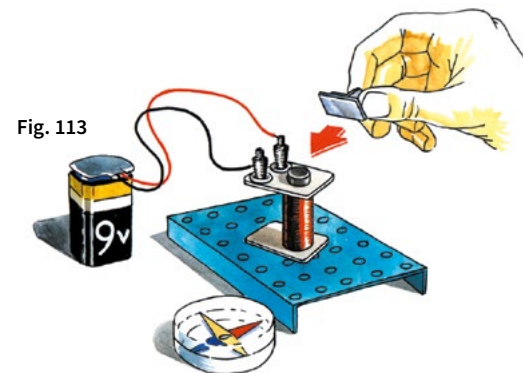


Fig. 113

114. ELEKTROMAGNET U OBLIKU SLOVA U.

Željeznu jezgru koju smo već nekoliko puta rabili učvrstimo zajedno s omotačem jezgre na podlogu od plastične mase (slika 114). Na jezgru nasadimo uzvojnici spojenju s baterijom. U trenutku ukopčavanja struje nastat će vrlo jak elektromagnet, znatno jači od onog iz pokusa br. 113, iako smo koristili istu uzvojnici i istu bateriju. Dok nam u pokusu br. 113 nije pošlo za rukom s pomoću kotve podići magnet s podlogom, sad možemo podići mnogo veći teret. Zašto je sad elektromagnet jači?

Pribor: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, 34, baterija

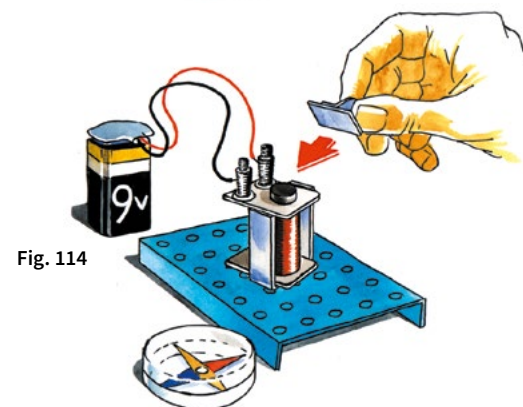


Fig. 114

115. ELEKTROMAGNETSKA DIZALICA.

Iz dijelova naše zbirke možemo napraviti malu elektromagnetsku dizalicu. Elektromagnet u obliku slova U iz pokusa 114 spojimo s baterijom (slika 115). Uronimo elektromagnet u kutiju s vijcima i maticama, podignemo elektromagnet zajedno s teretom i prenesemo na drugo mjesto. U trenutku iskopčavanja struje teret pada.

Pribor: 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 33, željezni predmeti, baterija

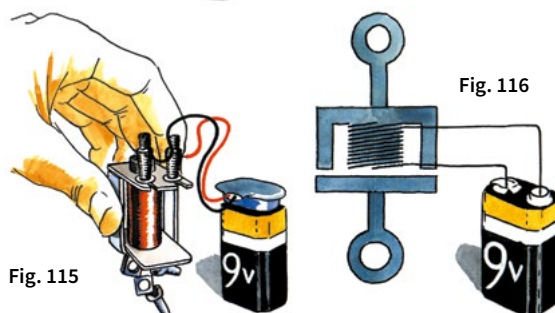


Fig. 115

116. ZDJELASTI ELEKTROMAGNET.

Ovaj pokus možemo izvesti jedino ako raspoložemo mehaničkom radionicom. U okrugli komad željeza promjera 6 cm i dužine 3 cm napravimo utor širine 9 mm i dubine 20 mm. U taj utor smjestimo uzvojnici s 1000 namotaja bakrene žice promjera 0,3 mm. Krajeve žice provučemo kroz izolirane rupe do baterije. Kotva je načinjena od okrugle željezne ploče debljine 10 mm. S pomoću tog elektromagneta može se uz uporabu jedne baterije podići teret od oko 15 dag. Slični magneti koriste se u električnim dizalicama koje mogu podići i po nekoliko tona tereta.

Fig. 116

117. KOJI JE MAGNET JAČI?

U našoj zbirci se nalaze dva magneta - permanentni izrađen od legure AlNiCo i elektromagnet koji smo upravo upoznali. Koji od tih magneta je jači? Da bi to ustanovili ponovimo pokus 48 - II) u kojem smo ispitali jakost permanentnog magneta. Taj uređaj je prikazan na slici 117 lijevo. U zdjelicu od ljepenke stavimo toliko predmeta koliko magnet može nositi. Isti pokus izvedimo s pomoću elektromagneta (slika 117 desno). Snaga elektromagneta je mnogo veća od snage permanentnih magneta.

Pribor: 6, 2 x 7, 10, 11, 16, 17, 18, 33, ljepenka, nit, baterija

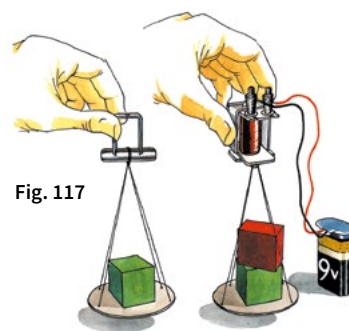


Fig. 117

118. MAGNETSKI SPEKTAR UZVOJNICE.

u sredini ljepenke veličine razglednice izrežemo pravokutni otvor dužine 30 i širine 21 mm. U taj otvor uronimo do pola uzvojnici iz naše zbirke. Uzvojnici spojimo s baterijom i na ljepenkenu natrusimo strugotine željeza. Usporedimo magnetski spektar uzvojnice sa spektrom permanentnog magneta iz pokusa br. 40.

pri gornjem pokusu stavimo u uzvojnici željeznu jezgru i ponovimo pokus.

Pribor: 3, 2 x 7, 11, 16, 33, karton, baterija

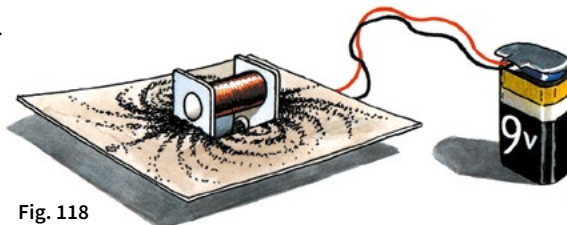


Fig. 118

119. ČAVAO U UZVOJNICI.

Uzvojnici iz naše zbirke spojimo s baterijom (slika 119) pa u šupljinu uzvojnice stavimo čavao srednje veličine. Ako uzvojnici podignemo, čavao neće pasti. Na njega djeluju dvije sile. Jedna je gravitacija (teža), a druga magnetizam. Druga je očigledno jača.

Pribor: 2 x 7, 11, 33, čavao, baterija

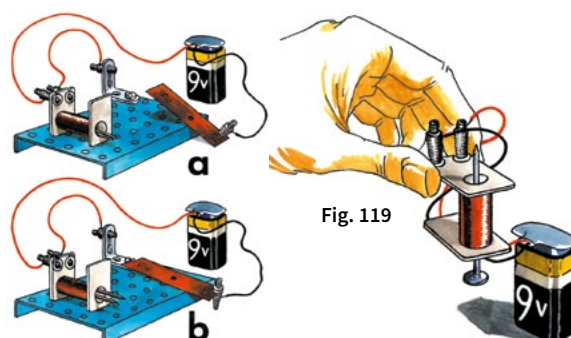


Fig. 119

120. DVA ČAVLA U UZVOJNICI.

Uzvojnici položimo na podlogu od plastične mase i u njezinu šupljinu stavimo dva čavla kojim smo odsjekli glave. Uzvojnici spojimo s baterijom. Kod ukopčavanja i iskopčavanja struje primjećujemo da se čavli miču. Kod iskopčane struje zauzimaju položaj kao na slici 120a, a kod ukopčanja se razmaknu, kao na slici 120b. čavli se magnetiziraju. Kako su im istoimeni polovi s iste strane, oni se odbijaju.

Pribor: 5, 6, 4 x 7, 8, 11, 24, 28, 33, 2 čavla, baterija

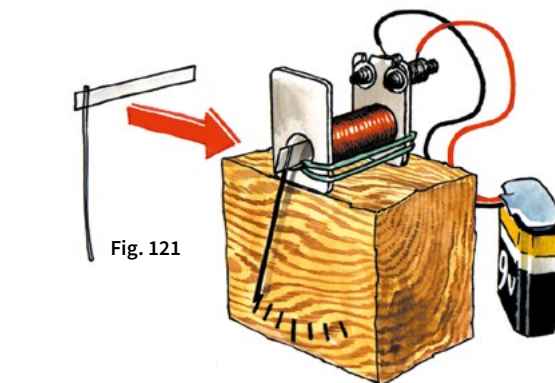


Fig. 120

121. AMPERMETAR S MEKIM ŽELJEZOM.

U šupljinu uzvojnice stavimo čavao te ga koncem ili gumicom privežemo (slika 121). U šupljinu uzvojnice stavimo kazaljku koju smo izradili od dva komada željeznog lima (od stare limenke). Prvi komad ima dimenzije 40 x 5 mm a drugi 60 x 2 mm i debljine 0,2 - 0,4 mm. Ta dva komada spojimo omotavanjem (slika 121). Tanji kraj savijemo malo ulijevo. Ako spojimo uzvojnici s baterijom čavao i kazaljka magnetiziraju se i istoimeno pa će se odbiti. S pomoću pravog ampermetra možemo spravu baždariti i načiniti mjersku skalu.

Pribor: 2 x 7, 11, 33, limene trake, drvo, čavao, gumica, baterija

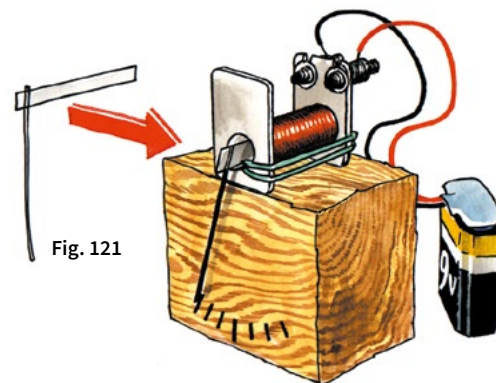


Fig. 121

122. DRUGA IZVEDBA AMPERMETRA.

Žicu od konstantana namotamo oko 20 puta na željeznu šipku. Na oprugu koju smo dobili objesimo željeznu jezgru (17). Stavimo jedan dio jezgre u uzvojnici (slika 122) i spojimo s baterijom. Uzvojnici uvlači jezgru tim jače što je jača struja. S pomoću kazaljke i skale možemo zabilježiti dubinu uvlačenja odnosno jačine struje.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 2 x 20, 28, 33, 37, baterija

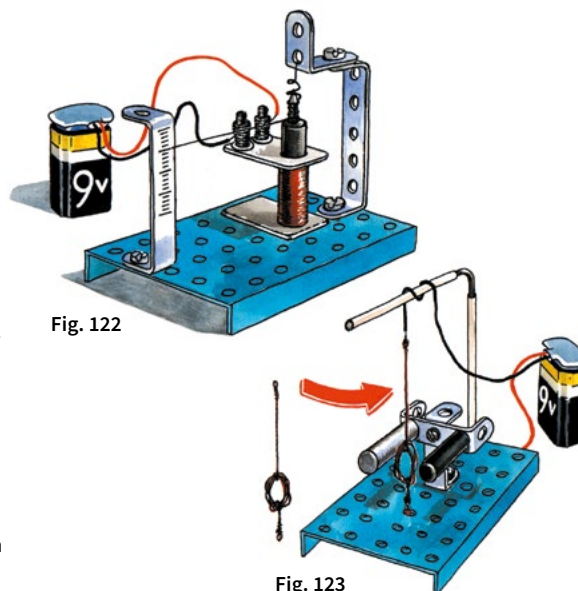


Fig. 122

123. MJERNI INSTRUMENT S POKRETNIM SVITKOM.

Na podlogu od plastične mase učvrstimo dva puta prirubljenu željeznu traku (21) a na nju drugu u vodoravnom položaju. Na vodoravnu traku učvrstimo s jedne strane željeznu jezgru (17) a s druge magnet (11). Tako nastaje potkovasti magnet s jakim magnetskim poljem između krakova. Između krakova nalazi se svitak od izolirane bakrene žice debljine 0,16 mm. Svitak ima 10-12 navoja promjera 10 mm i izrađen je prema slici 123 lijevo. Način montaže svitka je prikazan na slici. Jedan kraj svitka vodi preko papirne cijevčice stalka na pozitivni, a drugi preko podloge od plastične mase na negativni pol baterije (radi boljeg električnog spoja skinimo s krajeva bakrene žice izolaciju). Ako uspostavimo strujni krug svitak će se okrenuti lijevo ili desno, ovisno u kom smjeru teče električna. Na ovom principu su građeni precizni električni mjerni instrumenti. Skretanje svitka objasniti će nam slijedeći pokus.

Pribor: (20), 2 x 5, 3 x 6, 10, 16, 2 x 29, 33, 36, baterija

Fig. 123

124. VODIČ U MAGNETSKOM POLJU.

Na podlogu od plastične mase učvrstimo željeznu traku (31) a na nju željeznu jezgru (17) i magnet (11). U magnetsko polje objesimo na 10 cm dugim bakrenim žicama osovinu sa navojima iz zbirke omotanu s 30 navoja (radi boljeg električnog spoja skinimo s krajeva bakrene žice izolaciju). Pri ovom se koristimo stalkom od papirnatih cjevčica (pokus br. 20). Ako uspostavimo strujni krug, šipka (vodič) se odbija u jednom ili drugom smjeru, ovisno u kom smjeru ide struja. Između krakova magneta postoji jako magnetsko polje. Magnetsko polje nastaje i oko vodiča u trenutku protoka struje, a za magnetska polja znamo da se privlače odnosno odbijaju, ovisno o tome jesu li istoimena ili raznoimena. Opisani pokus je važan za razumijevanje djelovanja elektromotora.

Pribor: (20), 5, 2 x 6, 10, 12, 16, 29, 33, 36, baterija

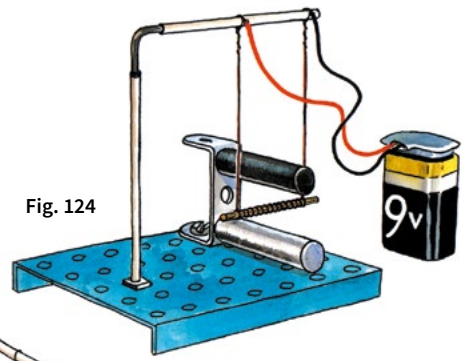


Fig. 124

125. BLOKIRANJE ELEKTROMAGNETA.

Na plastično podnožje pričvrstimo elektromagnet izrađen prema slici 125. Na stalak iz papirnatih cijevi (pogledaj pokus br.20) objesimo preko pamučne niti dvostruko savinutu traku 38 x 12 mm, tako da bude udaljena 1 cm od elektromagneta. Ako pustimo struju elektromagnet privlači željeznu traku. Stavimo između njih razne predmete kao napr. bakreni lim, cínčani lim, ljepenka, staklo, željezni lim, ustanovimo koji materijali propuštaju magnetsko polje a koji ne.

Pribor: (20), 5, 2 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 28, 29, 33, pamučna nit, baterija

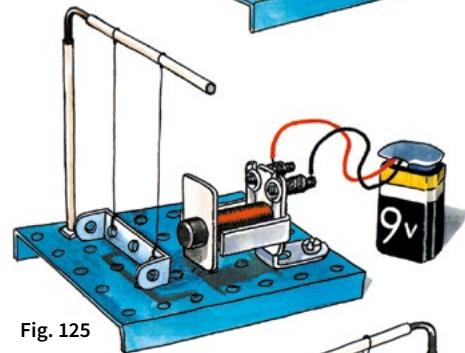


Fig. 125

126. ELEKTROMAGNETSKA KOČNICA.

Na stalak iz papirnatih cijevi (pogledaj pokus br.20) kojeg smo pričvrstili na plastično podnožje, objesimo preko bombažne niti zvono otvorom prema dolje. Ispod zvona pričvrstimo na plastično podnožje elektromagnet iz predhodnog pokusa. Zvono obilježimo crticom. Zavrtimo zvono kod iskopčane struje i izbrojimo okretaje u jednom i drugom smjeru. Kad se ono samo od sebe potpuno umiri ukopčamo struju i zvono ponovo zavrtimo. Brojimo okretaje. Elektromagnet koči zvono. To je princip elektromagnetske kočnice koja ima u tehnici veliku primjenu.

Pribor: (20), 6, 2 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 33, pamučna nit, baterija

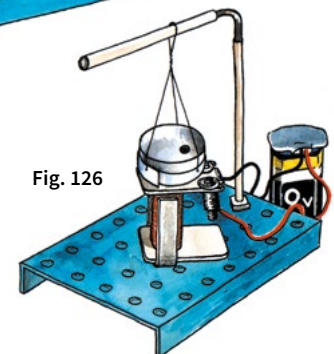


Fig. 126

ELEKTROMAGNET U TEHNICI

127. MORSEOV TELEGRAFSKI APARAT.

Na podlogu učvrstimo elektromagnet koji se sastoji od jezgre podložene sa maticom, omotača i uzvojnice. U neposrednoj blizini elektromagneta nalazi se u vodoravnom položaju kotva K. To je dva puta prirubljena traka 60 x 12 mm montirana na vertikalnu traku. S desne strane kotve učvršćen je kutnik 25 x 25 mm u koji možemo učvrstiti malu olovku. Prekidač od bakrene pločice, kutnika 25 x 25 mm i opružnih spojki pričvrstimo na plastično podnožje (slika 127). Telegrafski aparat spojimo s baterijom. Elektromagnet privuče kotvu. Ako struju prekinemo kotva se vraća u prijašnji položaj. Olovka može na traku, koja kod pravih uređaja klizi ispod nje, pisati točke i crtice ovisno o spajanju sa strujom. Iz točki i crtica sastavljena je Morseova abeceda (pokus 85).

Pribor: 5 x 5, 6 x 6, 6 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 24, 2 x 28, 29, 33, olovka, papir, baterija

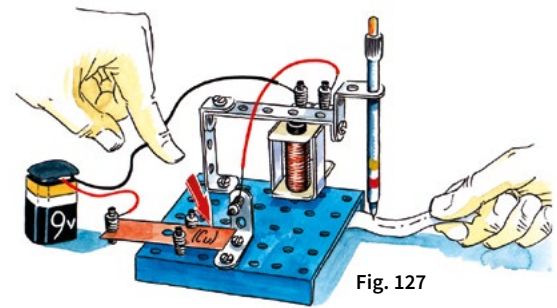


Fig. 127

128. MORSEOV KLJUČ.

Za rad telegrafskih aparata Morse je konstruirao naročitu sklopku koja omogućava naizmjenično ukopčavanje i iskopčavanje dvaju telegrafskih aparata. Mi možemo napraviti takvu sklopku. Upotrebimo bakrenu pločicu, kutnike 25 x 25 mm i opružne spojke te sve skupa pričvrstimo na plastično podnožje. Kutnici sa vijcima predstavljaju lijevi i desni kontakt (slika 128).Morseov ključ ima tri vodiča. Struja dolazi preko središnjeg. Pomicanjem poluge na jednu ili drugu stranu struja se može sprovesti preko lijevog ili desnog kontakta. Rad Moresovog ključa ćemo upoznati najlakše kod povezivanja dvaju telegrafskih aparata.

Pribor: 7 x 5, 8 x 6, 7 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 23, 3 x 28, 29, 33, baterija

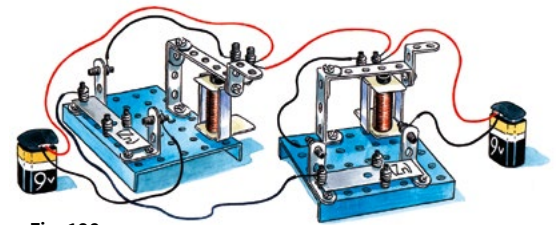


Fig. 128

129. ELEKTRIČNE SHEME.

Na slici br. 129 prikazana su shematski dva Morseova telegrafska aparata i dva ključa. Oznake znače:

T = Morseov telegrafski aparat **B = baterija**
K = Morseov ključ **Z = zemlja**

Na opisani način su, na primjer, povezne dvije željezničke stanice. željeznice su, naime, nekada upotrebljavale Morseove telegrafske aparate. Opisanoj shemu možemo izvesti ako raspoložemo s dvije zbirke. Jedan aparat postavimo u jednoj a drugi u drugoj sobi i telegrafiramo. Iz prve sobe vode u drugu dvije žice. Na željeznici se kod Morseovog aparata upotrebljava samo jedna žica, umjesto druge se upotrebljava zemlja, za kontakt sa zemljom služe dvije zakopane metalne ploče.

Pribor: dva telegrafska aparata, dva ključa, dvije baterije

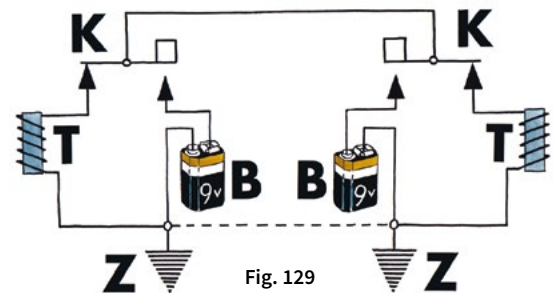
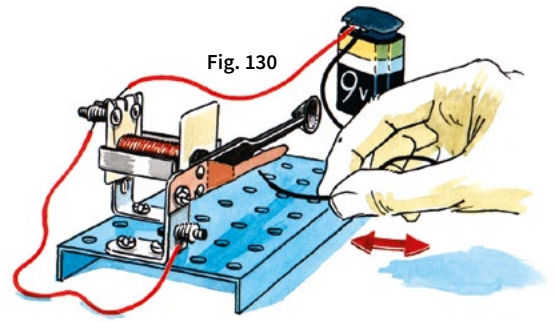


Fig. 129

130. WAGNEROV ČEKIĆ.

Fizičar Wagner pronašao je električnu spravu koja automatski uključuje i prekida struju. Takva se sprava zove Wagnerov čekić. Mi ćemo ga napraviti jer se često koristi u tehnici. Pomoću kutnika (30) učvrstimo na plastično podnožje elektromagnet. Na drugi kutnik učvrstimo kotvu za zvono koje učvrstimo na podlogu tako da je kotva 2-3 mm udaljena od elektromagneta. Struja mora ići ovim pute: iz baterije preko žice koju za sada držimo rukom, na kotvu, iz kotve na kutnik i opružnu spojku, pa preko spojene žice u uzvojnici i potom u bateriju, čim uspostavimo strujni krug kotva počinje vibrirati i time prekida i uključuje struju. U trenutku kad elektromagnet kotvu privuče struja se prekida jer se kotva odmaknula od kontakta. Elektromagnet time prestaje djelovati. Kotva se zbog elastičnosti pera vraća u prijašnji položaj i time ponovo uspostavlja strujni krug - igra se ponavlja.

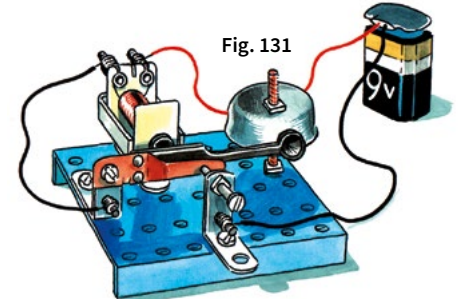
Pribor: 4 x 5, 5 x 6, 3 x 7, 8, 11, 16, 17, 2 x 28, 31, 33, baterija



131. ELEKTRIČNO ZVONO.

Ako smo napravili Wagnerov čekić, neće nam biti teško izraditi električno zvono. U tu svrhu treba montirati još vijak za podešavanje kao i samo zvono. Vijak za podešavanje se sastoji iz kutnika u kojem je učvršćen zatični vijak s dvije matice (slika 131). Zvono učvrstimo na podlogu s pomoću osovine s navojem i četiri matice. Električni vodovi vidljivi su na slici br. 131.

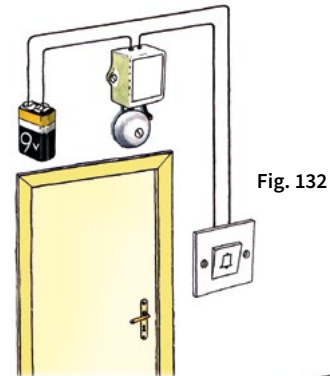
Pribor: 5 x 5, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33, baterija



132. ELEKTRIČNO ZVONO KAO VRATAR.

Na shemi 132 prikazan je spoj električnog zvona, baterije i prekidača. Tako montirano zvono je vratar. Zvono i baterija nalaze se u stanu dok se prekidač nalazi kod ulaza. Osoba koja nas posjećuje, pritisne prekidač čime uspostavlja strujni krug i zvono počinje zvoniti. S pomoću drugoga elektromagneta možemo i otvoriti vrata posjetitelju.

Pribor: električno zvono, prekidač, žica za spajanje, baterija



133. ZVONO S VIŠE PREKIDAČA.

U bolnicama, hotelima, željezničkim vagonima i drugdje, potrebno je da se određene osobe napr. bolničarka ili kondukter mogu pozvati s više mjesta. Slika 133 prikazuje shematski spoj zvona s baterijom i prekidačem. Na opisani način izvedena je napr. signalizacija u spavaćim kolima s tim da se na hodniku iznad svakih vrata nalazi crvena signalna pločica koja "padne" kad zvono zazvoni. Tako kondukter zna koji putnik zove. Signalne pločice s brojevima soba nalaze se i u bolnicama i u hotelima. I one se pokreću s pomoću elektromagneta.

134. SIGNALNE NAPRAVE.

Iz tankog lima napravimo sklopku (slika 134). Limovi trebaju biti širine 10 a dužine 60 mm. Sklopku učvrstimo iznad vrata tako da se limovi dodiruju ako se vrata otvore, a da se razmaknu kada se zatvore. Ako sklopku spojimo s baterijom i električnim zvonom dobijemo signalnu napravu koja će nam javljati kad su vrata otvorena a kad zatvorena. Opisani uređaj koristi se za osiguranje skladišta, trgovina i stanova.

Pribor: zvono, lim, žica za spajanje, baterija

135. ELEKTRICITET JAVLJA NIVO VODE.

Nivo vode ili druge tekućine u rezervoarima tvornica i laboratorija ne smije preći ispod određene točke. Te točke osigurava struja (slika 135). U tekućini je uronjen plovak koji se zajedno s tekućinom diže i spušta. Ako dođe do kritične gornje granice, kontakt A uspostavlja strujni krug i električno zvono upozorava da nešto nije u redu. Ako se voda spusti ispod dozvoljene točke signalni uređaj pokreće kontakt B. Postoji i mogućnost automatskog reguliranja nivoa tekućine. Jedan od navedenih kontakata otvara a drugi zatvara dovod odnosno odvod.

P = plovak

T = točak

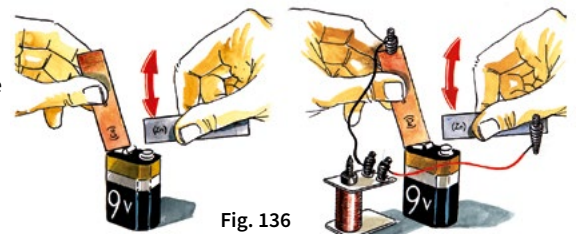
U = uteg

136. FIZIOLOŠKO DJELOVANJE ELEKTRIČNE STRUJE.

Struja djeluje na naše tijelo. Provjerit ćemo ovo s još nekoliko pokusa.

I) lijevom rukom uhvatimo pločicu od bakra, desnom od cinka, pa njima dodirnemo polove baterije (slika 136 lijevo). Iako pretpostavljamo da kroz naše tijelo teče struja, to ne osjećamo.

II) metalne pločice spojimo s uzvojnici u kojoj se nalazi željezna jezgra (slika 136 desno). Držimo pločice rukama pa struju spajamo i prekidamo. Kod spajanja, kao ni ranije, ne osjećamo ništa dok kod prekidanja osjećamo jake električne udarce. Oni potječu iz uzvojnice jer je veza s baterijom u tom momentu prekinuta. Da bi objasnili tu pojavu



ponoviti ćemo pokus 95. Kod tog pokusa upoznali smo induktivni otpor koji nastaje u uzvojnici prilikom ukopčavanja uzvojnice u strujni krug. Tad se oko uzvojnice stvara magnetsko polje. Prilikom prekidanja struje magnetsko se polje ruši te dolazi do induciranog udarca koji smo osjetili.

Pribor: 4 x 7, 11, 16, 23, 24, 33, baterija

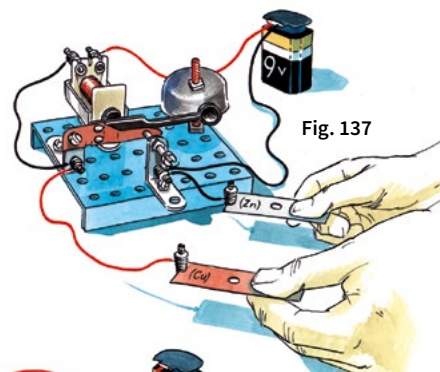


Fig. 137

137. INDUKCIJSKI APARAT.

Od električnog zvona od indukcijskog (samoindukcijskog) aparata samo je jedan korak. Dok zvono zvuči spojimo s njim dvije metalne pločice, jednu s vijkom za podešavanje a drugu s kutnikom koji nosi kotvu (slika 137). Ako su ruke suhe osjetit ćemo slabu struju, a ako su mokre jaku.

Pribor: (131), 23, 24, 33

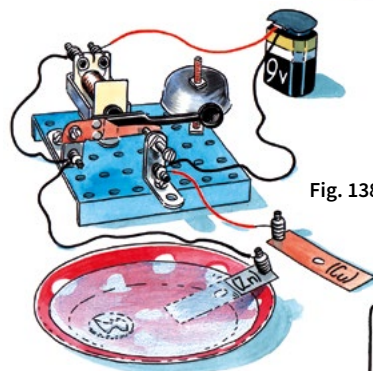


Fig. 138

138. ELEKTRIZIRANJE KROZ VODU.

Metalnu pločicu iz pokusa 137 spustimo u zdjelu punu vode. Pored pločice u vodu spustimo kovanicu. Dok zvono zvuči, pokusna osoba neka desnom rukom čvrsto uhvati drugu metalnu pločicu a lijevom nekao podigne novčić iz vode.

Kod dodira vode pokusna osoba će osjetiti vrlo jak udar. Neće uspeti podići novčić jer će ju uhvatiti grč u ruci. Mokrim rukama je vrlo opasno dirati električne instalacije.

Pribor: (137), posuda s vodom, kovanica

139. ZEMLJA KAO VODIČ.

Elektrodu koja je kod prijašnjeg pokusa bila u vodi zabodemo u vlažnu zemlju na kojoj stojimo bos. Drugu elektrodu uhvatimo rukom. Vlažna zemlja je dobar vodič elektriciteta. Slika 139 je djelomični shematski prikaz pokusa.

Pribor: (137)

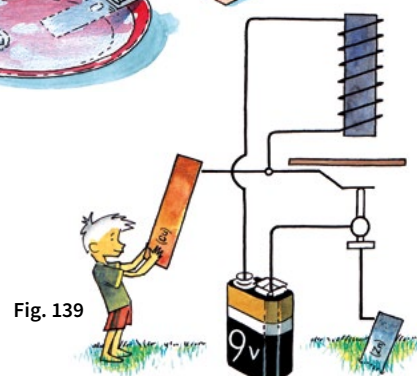


Fig. 139

140. RELE.

Releji su sprave koje nam omogućuju da s pomoću slabe struje ukopčavamo ili iskopčavamo drugi jači strujni krug. Postoje dvije vrste releja, oni koji ukopčavaju i oni koji iskopčavaju struju. Možemo izraditi i jedne i druge. Na slici 140 prikazan je rele za ukopčavanje. U prvom strujnom krugu se nalazi elektromagnet i baterija br. 1. Ako uspostavimo strujni krug, magnet privlači kotvu a ta povezuje drugi strujni krug u kojem se nalaze žaruljica, baterija br. 2 i kotva. Žaruljica svijetli. Nije teško napraviti izmjene koje će rele za ukopčavanje pretvoriti u rele za iskopčavanje.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 6 x 7, 8, 11, 14, 16, 2 x 29, 31, 33, 35, 2 baterije

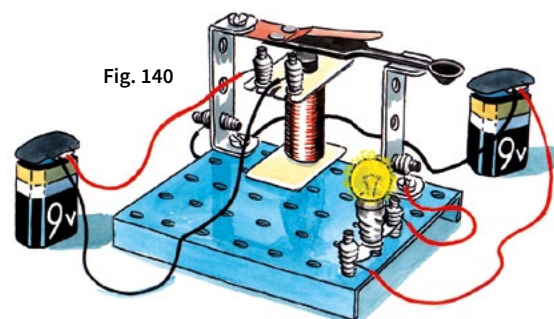


Fig. 140

141. PASTIRSKI TELEFON.

Pastirski telefon se sastoji od dva valjka napravljena od ljepenke i presvučena s jedne strane pergament papirom. Između telefona napremo tanku nit koja mora biti prilikom telefoniranja napeta. Dok jedan govori drugi sluša i obrnuto. Prilikom govora titra membrana od pergament papira, možeš uporabiti i plastičnu času od jogurta. Ti se titraji kroz napetu nit prenose na drugu membranu koja usljed toga isto tako titra. Telefon radi samo na kratkim udaljenostima i sve dok je nit napeta. Nalik na ovakav telefon je i Bellow telefon. I on ima dva jednaka dijela. U svakom dijelu se nalazi permanentni magnet, željezna jezgra i uzvojnica a ispred elektromagneta nalazi se tanka željezna membrana. Ako govorimo prema membrani time mijenjamo magnetsko polje usljed čega se u uzvojnici stvara struja koja se s pomoću dvije žice prenosi do drugog telefona i tamo uzrokuje titranje membrane. Bellow telefon je danas ustupio mjesto telefonu koji se sastoji od slušalice i mikrofona.

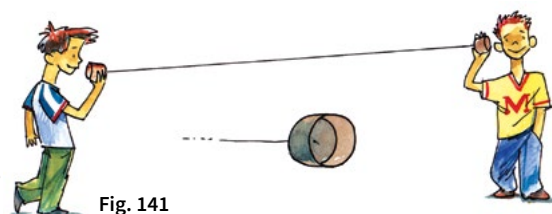


Fig. 141

142. PRETVARANJE ELEKTRICITETA U ZVUK.

Na slici 142 shematski je prikazan uređaj s pomoću kojeg možemo pretvoriti elektricitet u zvuk. Na plastičnom podnožju nalazi se elektromagnet sastavljen od jezgre, omotača i uzvojnice. Na elektromagnet postavimo poklopac kutije za bombone (željezni lim). Prilikom pokusa poklopac neznatno podignemo. To je membrana. Ako struju uklapnemo i prekidamo čuje se klokotanje membrane. Kod uspostavljanja strujnog kruga elektromagnet membranu privuče a kod prekida ona se zbog elastičnosti vraća u prvobitni položaj. Na gornjoj osnovi je rađena slušalica koju ćemo napraviti u slijedećem pokusu.

Pribor: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, limeni poklopac, baterija

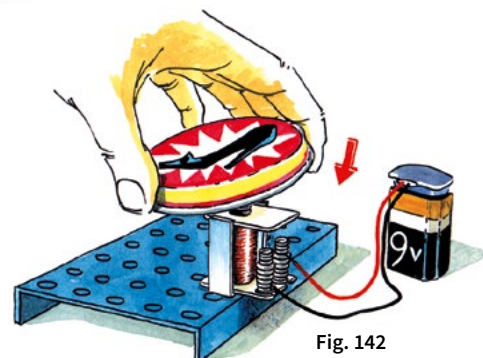


Fig. 142

143. SLUŠALICA.

S pomoću dvije dva puta prirubljene trake 38 x 12 mm i dva puta prirubljene trake 60 x 12 mm, montiramo membranu i elektromagnet, tako da se membrana nalazi 1 - 2 mm udaljena od elektromagneta. Slušalicu spojimo s baterijom (slika 143), membrana ne smije dodirivati elektromagnet prilikom ukopčavanja struje a ne smije biti ni previše udaljena od njega. Kada uklapljamo struju elektromagnet privuče membranu, kada prekidamo struju membrana popusti. Čuje se karakteristično "klokotanje".

Pribor: 4 x 5, 6 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 20, 22, 2 x 29, 33, baterija

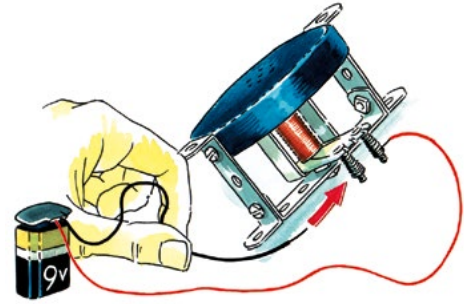


Fig. 143

144. TURPIJA KAO PREKIDAČ STRUJE.

Slušalicu iz prethodnog pokusa spojimo s baterijom preko turpije (slika 144). Jednim kontaktom stružemo po turpiji. U slušalici čujemo zujanje koje nastaje zbog prekidanja struje.

Pribor: (143), turpija

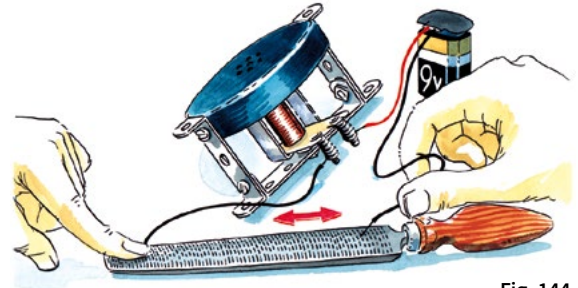


Fig. 144

145. AUTOMOBILSKA SIRENA.

Za izvođenje tog pokusa potrebna nam je slušalica (slika 143), baterija i spojne žice. Jedan pol uzvojnice elektromagneta spojimo s membranom a s drugim sa osjećajem dotičemo membranu (dostatno da membrana vibrira) kao što je prikazano na slici 145. baterijom.

Pribor: (143), 7

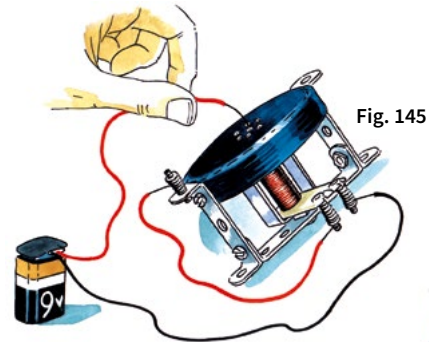


Fig. 145

146. MIKROFON.

U našoj zbirci se nalazi vrlo jednostavan ali osjetljiv mikروفon. On ima dva osnovna sastavna dijela: membranu poput one u slušalici (s tom razlikom što je izrađena od plastične mase) i tri kontakta od kojih su dva željezna učvršćena na membranu dok treći iz uglja koji visi o koncu, dotiče prije spomenute kontakte.

Bateriju, mikروفon i žaruljicu spojimo u strujni krug (slika 146). Ako na slobodni ugali pritisnemo prstom, žaruljica će svijetliti. što je pritisak jači jače je i svjetlo. Usljed jačeg ili slabijeg dodira uglja mikروفon propušta jaču ili slabiju struju. Ovo se može postići i govorom.

Pribor: 2, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7, 8, 14, 2 x 28, 33, 35, baterija

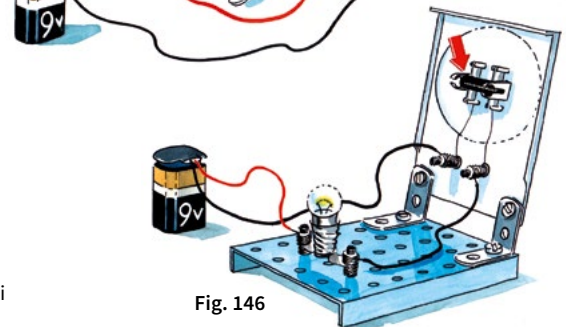


Fig. 146

147. TELEFON.

Ako spojimo slušalicu iz pokusa br. 143, mikروفon iz prethodnog pokusa i bateriju dobijemo telefon, spravu s pomoću koje možemo prenositi govor na velike udaljenosti. Džepni sat koji položimo na podlogu od plastične mase čujemo u slušalici.

Zbog kucanja membrana titra. Ugljeni štapići propuštaju čas jaču čas slabiju struju, elektromagnet u slušalici čas jače čas slabije privlači membranu usljed čega titra zrak i mi to čujemo.

S pomoću našeg telefona se može prenositi i govor. U tu svrhu treba mikروفon postaviti u jednu sobu a slušalicu u drugu, s tim da su potrebne duže žice.

Pribor: (143), (146), džepni sat

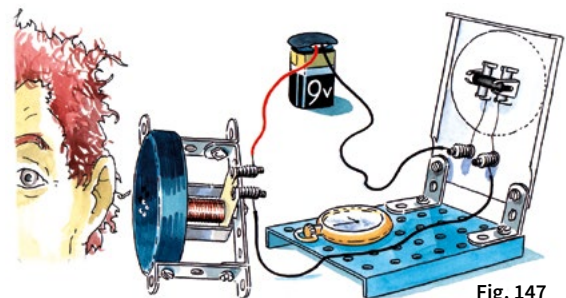


Fig. 147

GENERATORI I ELEKTROMOTORI

148. PRETVARANJE MEHANIČKE ENERGIJE U ELEKTRIČNU.

I) uzvojnici spojimo s galvanoskopom (slika 148). U šupljinu uzvojnice uvučemo brzim pokretom magnet. Kazaljka galvanoskopa će se otkloniti ali se brzo vraća u prijašnji položaj. Brzim pokretom izvučemo magnet, kazaljka će se otkloniti u suprotnom smjeru.

II) okrenimo magnet pa ga prvo uvucimo a zatim izvučimo. I sad nastaju udari struje.

Kako se kod ovog pokusa rađa struja? Iz ranijih pokusa znamo da je magnet nosilac magnetskog polja. Ako uronimo magnet u uzvojnici magnetske sile sijeku namotaje uzvojnice. Zbog indukcije u njima nastaje struja. Struja traje samo dok je magnet u pokretu, dok se magnetsko polje mijenja.

To je jedan od najvažnijih pokusa s područja elektriciteta. Na tom principu su građeni generatori. To su strojevi u kojima se mehanička energija pretvara u električnu energiju.

Pribor: 1, 4 x 7, 10, 11, 33, 34

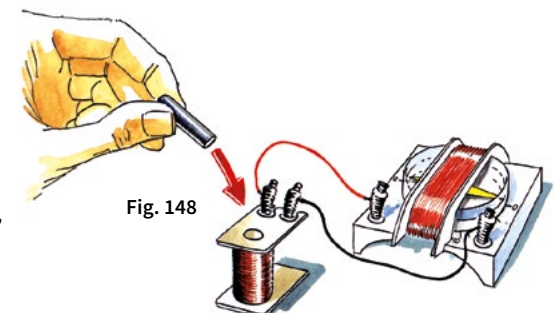


Fig. 148

149. GENERATOR IZMJENIČNE STRUJE.

U uzvojnici stavimo željeznu jezgru, pa ju spojimo s galvanoskopom i pričekamo da se kazaljka postavi na 0. Zavrtno zatim iznad uzvojnice magnet koji visi o koncu. Napravili smo najjednostavniji generator izmjenične struje.

Pribor: 1, 4 x 7, 10, 11, 16, 33, 34, papir, nit

150. STATOR ELEKTROMOTORA I GENERATORA.

Kod električnih mašina se onaj dio koji se ne pokreće zove stator. Izradit ćemo jedan takav stator. Na podlogu učvrstimo oba kraka statora. Između krakova stavimo magnet i učvrstimo

ga osovinom s navojem i dvije matice. Stator je izrađen. S pomoću kompasa možemo se uvjeriti da se između krakova prostire magnetsko polje. Strugotinama željeza možemo dokazati da teku magnetske silnice od jednog kraka prema drugom. (vidi pokus br. 41).

Pribor: 2 x 5, 4 x 6, 8, 10, 12, 15, 34

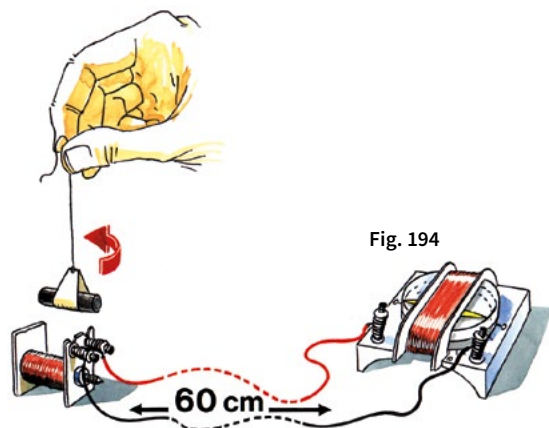


Fig. 194

151. ROTOR ELEKTROMOTORA I GENERATORA.

Rotor je ustvari uzvojnica podešena tako da se može okretati. Početak i kraj namotaja završavaju na poluvaljcima. Preko tih poluvaljaka koji se zovu kolektori, dovodimo rotoru struju ili mu je oduzimamo, već prema tome da li se radi o elektromotoru ili generatoru. Na kolektor sa svake strane naslanja se po jedna metalna opruga zvana četkica. Provjerimo s pomoću kompasa kako djeluje rotor!

I) rotor spojimo preko četkica s baterijom (slika 151);

II) s pomoću kompasa ustanovimo koji kraj rotora ima sjeverni a koji južni pol;

III) provjerimo da li se polovi kod punog okretaja rotora (360 stupnjeva) mijenjaju ili ostaju isti. Pažljivim promatranjem ustanovit ćemo da krajevi uzvojnice mijenjaju pol poslije svake polovice okretaja i to zahvaljujući kolektoru koji u određenom trenutku mijenja smjer struje. Nije teško ustanoviti da se smjer struje mijenja onda kad se uzvojnica rotora nalazi u vodoravnom položaju. U tom trenutku mijenjaju se i magnetski polovi rotora. Prejašnji sjeverni pol postaje južni i obratno.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 19, 2 x 20, 21, 33, baterija

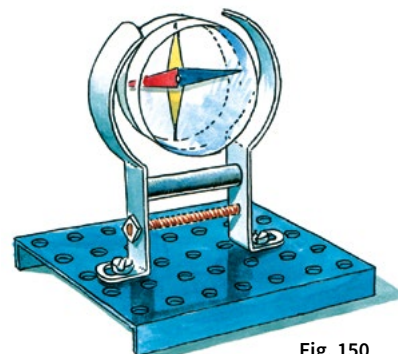


Fig. 150

152. ELEKTROMOTOR ZA ISTOSMJERNU STRUJU.

Pošto smo upoznali stator generatora (pokus br.150) i rotor generatora s četkicama (pokus br.151), možemo izraditi elektromotor za istosmjernu struju.

Najprije moramo sastaviti rotor s četkicama a zatim stator. Kad se uvjerimo da se rotor besprijekorno okreće i da se četkice naslanjaju na kolektor, spojimo elektromotor s baterijom.

Rotor počinje da se okreće. Iz početka polako a zatim sve brže i brže do punog broja okretaja koji iznosi od 2800 do 3000 u minuti. Mijenjajmo polove baterije!

Pribor: (151), 2 x 5, 4 x 6, 10, 12, 15

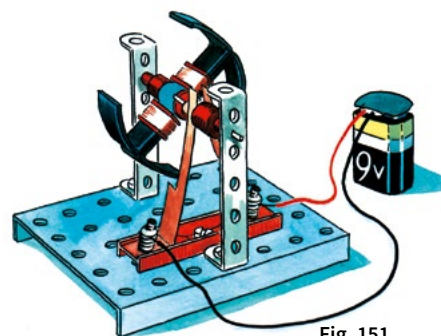


Fig. 151

153. GENERATOR ZA ISTOSMJERNU STRUJU.

Elektromotor iz pokusa br. 152 spojimo s galvanoskopom i rukom zavrtno rotor elektromotora. Kazaljka galvanoskopa se otkloni. Zavrtno ga u suprotnom smjeru. Kazaljka se otkloni u suprotnom smjeru. Elektromotor za istosmjernu struju može nam poslužiti kao što smo vidjeli i kao generator, kao stroj koji rađa istosmjernu struju.

Pribor: (152), 1, 2 x 7, 34

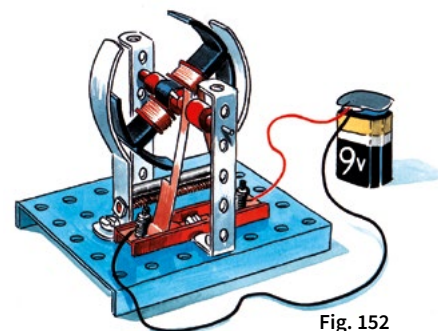


Fig. 152

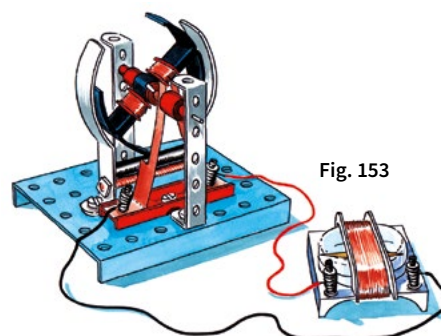


Fig. 153

POGOVOR

Time što smo izveli sve pokuse opisane u ovoj zbirci za nas nije kraj već početak rada. Pokusi koji su opisani čine prvi i vrlo važan korak u stjecanju znanja vlastitim iskustvom. Na to znanje lako je nadovezati znanje koje su stekli drugi, a koje se posreduje s pomoću knjiga, predavanja, radio i televizijskih emisija.

Stečeno znanje možeš dograditi sa:

GENIUS (153 poskusa sa područja elektrotehnike in 120 poskusa sa područja elektronike) - ART. E184

HR: Ispravci

EN71: Magnet

UPOZORENJE: Nije prikladan za djecu mlađu od 8 godina. Ovaj proizvod sadrži mali magnet s magnetskim tokom preko 50 KG2mm. Progutani se magneti u crijevima mogu spojiti i uzrokovati ozbiljne ozljede. U slučaju gutanja magneta potražite hitnu medicinsku pomoć.

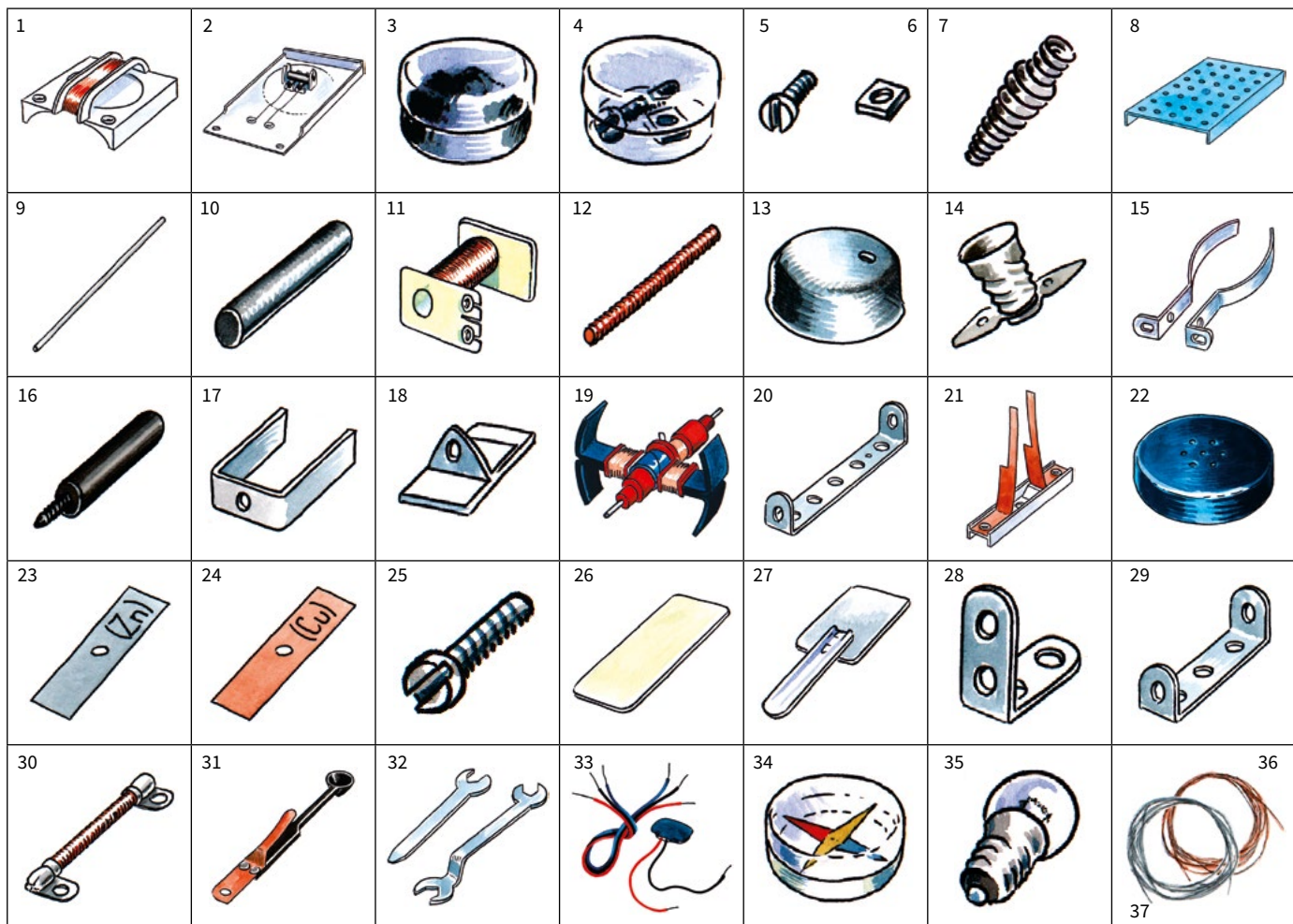
EN62115:

UPOZORENJE: Samo za djecu dobi od 8 i više godina. Upute za roditelje uključene su i potrebno je pridržavati ih se. Ovaj proizvod sadrži otpuštene žice. Žice se ne smiju postavljati u utičnice.

Pokus 97: Porast temperature otpornika u pokusu 97 veći je od limita, ali upute nisu ukazale na moguće opasnosti i nisu sadržavale upozorenja. Nije moguće izravno dodirnuti vruću površinu dostupnih dijelova tijekom i nakon provođenja pokusa, poput površine otpornika, baterija, namotaja i ostalih električnih komponenti. Pazite da temperatura bude niska, u suprotnome postoji opasnost od opekline. Ambalažu je potrebno čuvati jer sadrži važne informacije.

NAZIV SASTAVNIH DIJELOVA

Broj	NAZIV SASTAVNIH DIJELOVA	Kom.	Broj	NAZIV SASTAVNIH DIJELOVA	Kom.
1	Galvanoskop	1	21	Četkice	1
2	Mikrofon	1	22	Slušalica	1
3	Kutijica sa željeznim strugotinama	1	23	Pločica od cinka (Zn)	1
4	Kutijica za vijke i matice	1	24	Pločica od bakra (Cu)	1
5	Vijci M4 x 5	12	25	Vijak M4 x 20	1
6	Matice	16	26	Plastična pločica	1
7	Opružna spojka	1	27	Metalna pločica s plastičnom ručkom	1
8	Plastično podnožje	8	28	Kutnik 25 x 25 mm	4
9	Željezna šipka	1	29	Traka dva puta prirubljena 38 x 12 mm	2
10	Magnet	1	30	Otpornik (reostat)	1
11	Uzvojnica	1	31	Čekić za zvono	1
12	Osovina s navojem	1	32	Ključ za matice sa izvijačem	2
13	Zvono	1	33	Žica za spajanje	5
14	Stalac za žaruljicu	1	34	Kompas	1
15	Stator (kraka statora)	1	35	Žaruljica 12 V/0,05 A	1
16	Željezna jezgra	1	36	Bakarna žica	1
17	Oмотач jezgre	1	37	Žica od konstantana	1
18	Kotva	1			
19	Rotor	1			
20	Traka dva puta prirubljena 60 x 12 mm	2			



ELECTRO PIONEER

153 različita eksperimenata sa strujom i magnetizmom

Koristi jednu bateriju **9V**  **IEC 6LR61-9V**  (nije uključena)

Proizvođač i vlasnik autorskih prava : Mehano d.o.o., Polje 9, Sl - 6310 Izola, Slovenija

SADRŽAJ

ELEKTROSTATIKA	59 - 64
MAGNETIZAM	64 - 69
BATERIJE I ELEMENTI	69 - 75
ELEKTROMAGNETIZAM	75 - 78
PRIMENA ELEKTROMAGNETA U INŽENJERSTVU	78 - 81
GENERATORI I ELEKTROMOTORI	81 - 82

PRAVA I OBAVEZE

Kupujući ovu knjigu, slažete se da ćete poštovati sva pravila o autorskim pravima u okviru ove delatnosti, te da ih nećete kršiti. Sadržaj ove knjige je zaštićen Zakonom o autorskim pravima. Ni jedan deo ove knjige se ne sme umnožavati ili prepisivati, fotokopirati ili prebacivati na bilo koji medij za pohranjivanje podataka bez prethodne eksplicitne pismene dozvole izdavača.

Svi eksperimenti opisani u ovoj knjizi su detaljno ispitani i isprobani. Štaviše, izdavač ne snosi odgovornost za bilo kakvu fizičku i/ili materijalnu štetu, ili povrede koje se dogode tokom vršenja eksperimenata opisanih u ovoj knjizi.

DRAGI MLADI ČITAOČE

Oduševljeni smo što si putem ove knjige ušao u ocharavajući svet struje i nadamo se da ćeš uživati u eksperimentima. Međutim, ova oprema nije samo za uživanje. Radeći eksperimente i čitajući detaljna objašnjenja, takođe ćeš naučiti osnove o električnoj energiji što će ti predstavljati korisno iskorišteno vreme i pomoći će ti u stvarnim životnim situacijama. Ne plaši se izvesti eksperiment. Rezultati eksperimenta su vredniji od hiljade mišljenja stručnjaka, stoga isprobaj sve svoje nove ideje. Ako ti eksperiment ne ide onako kako bi trebalo, nemoj odustati. Kada jednom otkriješ i rešiš problem naučićeš nešto novo i korisno što ćeš iskoristiti u izviđenju ostalih eksperimenata.

Svi priloženi eksperimenti iz ove knjige su napravljeni tako da se ne možeš povrediti ili naštetiti okolini osim što možeš zadobiti ogrebotine po prstima.

U knjizi su opisani brojni različiti eksperimenti. Neki su toliko jednostavni da ti objašnjenje nije potrebno. Drugi su komplikovani i možda nećeš moći odmah razumeti objašnjenje u potpunosti. Nakon ponavljanja i dubljeg razmišljanja, moći ćeš s lakoćom raditi i na najtežim eksperimentima. Kako bilo, ako ti eksperiment stvara veliku poteškoću i frustraciju preskoči ga i pokušaj ponovo nakon nekoliko dana.

Različitost eksperimenata pruža mogućnost da naučiš više o tome što radiš. Detaljni opisi i rad na eksperimentima dati u ovoj knjizi ti se mogu pomoći u radu u školi.

DRAGI RODITELJI!

Uz ovu knjigu zajedno sa svojim detetom ulazite u svet električne energije. Ako se i sami snalazite u ovoj nauci, pružite svom detetu podršku i inspiraciju. Ako je ovo sasvim novi svet za vas, ne oklevajte nego se priključite svom mladom naučniku. Svet električne energije je pun novina kako za mlade tako i za starije koji žele da uče.

PAŽNJA RODITELJIMA!

PRE NEGO DETE POČNE KORISTITI IGRAČKU, TREBALO BI DA PAŽLJIVO PROČITA UPUTSTVO I DA GA SLEDI. SET JE NAMENJEN DEČACIMA I DEVOJČICAMA STARIJIM OD 9 GODINA. IZ BEZBEDNOSNIH RAZLOGA, SVI EKSPERIMENTI SU DIZAJNIRANI TAKO DA RADE NA BATERIJE (9V BATERIJA IEC 6LR61) ONE MOGU PODNETI SAMO EKSPERIMENTE PRECIZNO OBJAŠNJENE U UPUTSTVIMA. PREPORUČUJE SE DA SE EKSPERIMENT IZVODI U PRISUSTVU ODRASLIH. ZADRŽITE OVA UPUTSTVA RADI DALJNE POTREBE.

EN71: Magnet

UPOZORENJE: Nije prikladno za decu mlađu od osam godina. Proizvod sadrži mali magnet s magnetnim fluksom od preko 50 KG2mm. Ako se progutaju, magneti se mogu priljubiti preko creva i izazvati ozbiljne povrede. U slučaju gutanja odmah potražite lekarsku pomoć.

EN62115:

UPOZORENJE: Samo za decu stariju od osam godina. Roditelji se moraju pridržavati priloženih uputstava. Proizvod sadrži slobodne žice. Ne umetati krajeve žice u utičnicu. Oglad 97: Porast temperature otpornika u ogledu 97 premašuje granice, međutim uputstvo ne ukazuje na moguće opasnosti niti sadrži upozorenje. Ne dodirujte vruće površine niti delove dostupne dodiru tokom ili nakon ogleda kao što su površine otpornika, baterije, kalema i druge elektronske delove. Uverite se da se površina ohladila kako biste izbegli opasnost od opekotina. Sačuvajte pakovanje jer ono sadrži važna obaveštenja. Ne koristiti baterije koje se pune (npr. Ni-Cd baterije). Za napajanje igračke koristiti baterije istog ili ekvivalentnog kvaliteta kako je preporučeno. Preporučujemo da koristite alkalne baterije. Baterije moraju biti ubačene pravilno prema polaritetima. Pri zameni baterije ne mešajte stare i nove baterije kao ni različite tipove baterija (npr. alkalne i cink carbon). Baterije moraju menjati odrasle osobe. Iskorišćene baterije ne ostavljati među igračkama. Ako se igračka ne koristi dugo izvaditi baterije. Nemojte stavljati baterije u kontakt sa metalnim delovima koji mogu izazvati požar ili eksploziju. Nikada ne pokušavajte da puniti baterije koje nisu namenjene za punjenje. Baterije koje su namenjene za punjenje moraju biti izvadjene iz igračke pre punjenja. Baterije se mogu puniti samo pod nadzorom odrasle osobe. Ne bacajte baterije u vatru. Potrošene baterije bacite u za to predviđene kontejnere. Napajanje priključka nije dozvoljeno. Boja izolacije električnih provodnika može da bude drugačija od boje prikazane na slikama u uputstvima.

UVOD

U ovoj zbirci je opisao 153 eksperimenata i teorijskih opisa. Za njihovo izvodjenje zbirka sadrži sve potrebne delove osim onih delova koje ima svako domaćinstvo.

Ti delovi su: Listovi papira, komadi papira, češalj, drvene olovke, čaša za vodu, igla, papir indikator, limenke/ aluminijumska folija, pamučne niti, nokti, šibice, karton, igla, konzerva, komadi stiropora, igla za pletenje (gvozdene), sveća, džepni nož, karta Evrope, drveni lenjir, papir, čekić, posuda za vodu, cork utikači, drvene daske, žice (gvozdene), kuhinjska so, pesak, mina za tehničku olovku 0.5 mm, ugljenik (ili ugljeni štamp iz baterije), čelik 40x5mm, guma (elastika), džepni sat, fajl, konac, čaša za jogurt, novčić.

Zbirka je namenjena deci oba pola starijoj od 9 godina. Pogodna je kako za pojedinca tako i za timski rad i može se uspešno koristiti u osnovnim školama iako je namenjena za vannastavne aktivnosti.

Ova zbirka se primenjuje i u školama u njihovim vannastavnim aktivnostima. Iz tog razloga opisani su neki eksperimenti za koje je potrebno nabaviti i dodatnu opremu i to:

St. 35 lampa 12V/0,05A navoj E10 (1 kom. Za test br. 87, 2 kom. Za eksperimente br. 89 i br. 90)

St. 14 postolje lampa E10x1 (1 kom za test br. 87, 2 kom. Za eksperimente br. 89 i br. 90)

St. 33 konektor za 9V baterije (1 kom za eksperimente br. 91, br. 110 i br 140, 2 kom. Za test br. 92).

OPŠTE INFORMACIJE

Svi delovi kolekcije su navedeni, numerisani i nacrtani na zadnjoj strani

Pre početka primene baterija mora imati napon od 9 V (IEC 6LR61)

U svakom eksperimentu sve komponente koje su potrebne za izvodjenje eksperimenata označene su brojevima po redosledu kako se koriste. To je korisno ako se delovi potraže, razvrstaju na stolu, pa tek onda sprovodi eksperiment. Nakon završetka eksperimenta sve delove treba vratiti na svoja mesta.

KAKO IZVODITI EKSPERIMENTE

Svaki eksperiment je označen serijskim brojem. Iako nije obavezno da se eksperiment izvodi po navedenom redu bolje je da se poštuje navedeno.

Redosled radnji predstaviceo na primeru električnog zvona opisanog pod rednim brojem 130/131. U tekstu su neophodni delovi označeni brojevima i možete sastaviti zvono. Slike i imena svih delova mogu se naći na str. 27 uputstva i liste delova. U Vašem slučaju to su brojevi (5-6-7-8-11-12-13-16-17-25-28-31-33-itd) Prema ovim podacima Vi pripremite sledeće delove:

4 x 7 = klip opruga	12 = osa sa navojem	3 x 28 = ugao 25 x 25 mm
8 = plastični podmetač	13 = zvono	31 = čekić
6 x 5 = vijak	16 = gvozdene jezgroe	33 = žica za spajanje
13 x 6 = matica	17 = zaštita jezgra	
11 = kalem	25 = vijak	

- 2 x 5 znači da treba dve komponente br. 5
- (20) broj u zagradi znači da se koriste isti delovi kao u jos nekom eksperimentu (npr 20)
- List papira, češalj znači da ovi delovi nisu uključeni jer ih ima svako domaćinstvo

Primer: Sa vijkom i maticom pričvrstiš nosač na plastični podmetač, na to pričvrstiš gvozdene jezgroe sa zaštitom i postaviš kalem itd... Sve komponente moras postaviti tačno i precizno. Ako prvi pokušaj bude bez uspeha potrebno je odkloniti nedostatke. Poželjno je eksperimente u oblasti elektrostatike raditi pri suvom vremenu naročito zimi i suvim rukama.

Želimo Vam uspeha u eksperimentisanju...

ELEKTROSTATIKA

1. ELEKTRICITET IZ PAPIRA.

Uzmi list papira iz sveske i dobro ga osuši iznad šporeta, radijatora ili rešoa. Kada završiš stavi ga na svesku i zagladi ga rukom (sl.1) Zatim podigni papir levom rukom a zglobov na desnoj ruci priđi papiru s donje strane. Kao rezultat poleteće varnica elektriciteta od papira ka tvojoj ruci.

Potreban materijal: list papira iz sveske.



Fig. 1

2. ELEKTRIČNA VARNICA - GROM.

Stavi komad plastike na rub stola i trljaj ga suvom rukom ili novinama. Zatim podigni tanjir i priđi mu zglobov na ruci (sl. 2). Električna varnica će preći sa tanjira na tvoju prst. Moći ćeš i čuti, osetiti pa čak i videti je u mraku. Varnica, koja je prešla sa plastike ili papira, u suštini nije različita od munje i groma. Jedina razlika je u činjenici da je u eksperimentu niskonaponska struja, dok je u munji struja ogromnog napona.

Potreban materijal: 26.

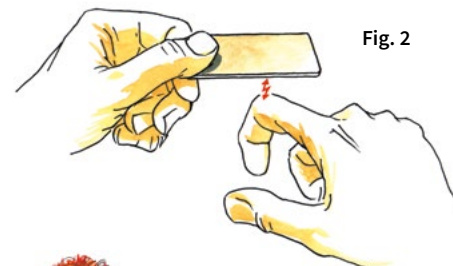


Fig. 2

3. ELEKTRICITET IZ VUNE.

Ako dugo hodaš po vunenom ili svilenom tepihu u cipelama sa gumenim donom, tvoje telo će se napuniti elektricitetom. Ako zatim dotakneš cev za vodu ili bilo koji drugi metalni predmet povezan sa zemljom, električna varnica će poleteti sa tebe na taj predmet. Na isti način se naelektrišu češalj i kosa. Isto se događa kada miluješ mačije krzno ili skidaš sa sebe veš od sintetičkog materijala.

Sve ovo smeta, a problemi nastaju i na benzinskim pumpama uzrokovani trenjem benzina o crevo, ili u avionima gde elektricitet nastaje trenjem aviona o vazdušna strujanja.

Takve električne varnice mogu biti velika smetnja kako u papirnim ili gumenim podmetačima, tako i u onima u kojima se struja prenosi putem gumenih ili kožnih prenosnih pojaseva. Štaviše, nesreća sa dirizablom Hidenburg je takođe bila uzrokovana malenom električnom varnicom.

Potreban materijal: češalj.



Fig. 3

4. ELEKTROSTATIČNO „LJEPILO“.

Zimi, kada se prostorije zagrevaju, zagrej nad šporetom ili radijatorom veliki list iz novina, stavi ga na zid i jako ga protrljaj rukom. List će se spremno prilepiti za zid i ostati tamo neko vreme. Ovo se dešava jer se list trljanjem naelektrisao statičkim elektricitetom.

Potreban materijal: novinski list papira.

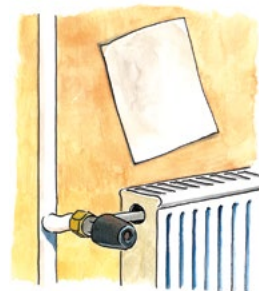


Fig. 4

5. ELEKTRIČNA PAUČINA.

Nakon što zagriješ list papira nad šporetom ili radijatorom, stavi ga na svesku i protrljaj jako rukom kako je prikazano u eksperimentu br.1. Sada podigni list i primakni ga obrazu (sl.5). Osjetičeš kao da ti obraz dodiruje paučina. Papir si naelektrisao trljanjem, što je nakostriješilo dlake na tvom licu i podsetilo te na paučinu.

Potreban materijal: list papira iz sveske.



Fig. 5

6. NAELEKTRISANA TELA SE PRIVLAČE.

Stavi dve osmougaone drvene olovke unakrst i u gornjoj primakni komad plastike koji si prethodno trljao suvim prstima ili novinama. Umesto te gornje olovke možeš koristiti lenjir ili neki sličan predmet. Svaki od upotrebljenih predmeta će biti privučen naelektrisanim plastikom.

Već 600 prije Hrista, stari Grci su otkrili da amber (grč: elektron) privlači lagane predmete ako su bili protrljani rukom ili nekim materijalom. Odatle je i postao izraz elektricitet.

Danas se plastika koristi umesto skupog ambara. Isto tako se i papir može naelektrisati ako se dobro osuši ili protrlja. Kasniji eksperimenti će pokazati da trljanjem, oba predmeta koja smo trljali kao i ona koja smo koristili da trljamo, postaju naelektrisana.

Potreban materijal: 26, 2 olovke.

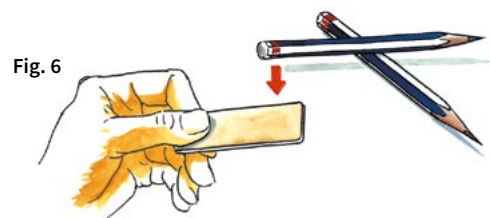


Fig. 6

7. GLATKI METALI MOGU BITI NAELEKTRISANI.

Stavi dve osmougaone drvene olovke unakrst kao što je opisano u prethodnom eksperimentu. Uzmi metalnu špahtlicu pričvršćenu na plastičnu ručku. Trljaj je o komad plastike držeći za plastičnu ručku a onda je primakni gornjoj olovci. Naelektrisana metalna špahtla će privući olovku.

Kao što vidiš, glatki metali se mogu naelektrisati trljanjem. Kasnije ćeš saznati zašto je metalna špahtla fiksirana za plastičnu ručku.

Potreban materijal: 26, 27, 2 olovke.

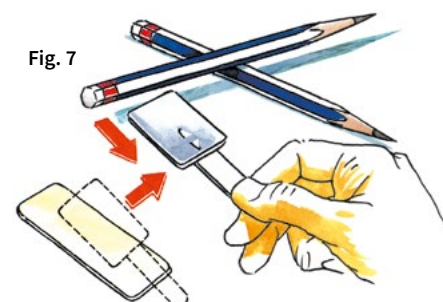


Fig. 7

8. NAELEKTRISANA TELA ODBIJAJU NENAELEKTRISANA.

Stavi dve drvene olovke na plastično postolje kao što je prikazano na sl.8. Zatim gornjoj olovki primakni naelektrisanu metalnu špahtlu. Špahtla će privlačiti olovku. Ako tu istu špahtlu ponovo naelektrišemo, ona će, međutim, odbijati olovku. Svi prethodni eksperimenti su dokazali da naelektrisana tela privlače nenaelektrisana; ipak, sada možeš videti da se u određenim slučajevima oni mogu i odbijati.

Potreban materijal: 8, 26, 27, 2 olovke.

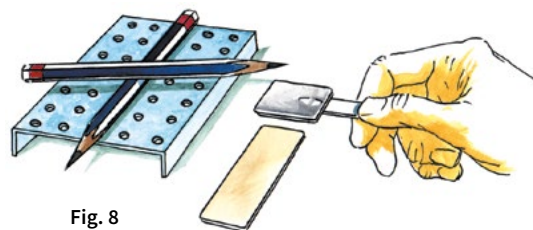


Fig. 8

9. NAELEKTRISANO TELO U BLIZINI MLAZA VODE.

Stavi naelektrisani komad plastike u blizinu slabog malza vode (sl.9). Komad plastike će i privlačiti i raspršivati mlaz.

Potreban materijal: 26, čaša vode.

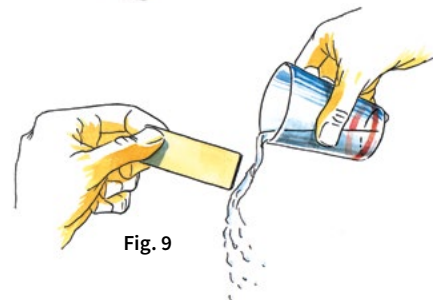


Fig. 9

10. KADA SE NAELEKTRISANA TELA PRIVLAČE A KADA SE ODBIJAJU?

U ovom eksperimentu bi trebalo pratiti sledeću proceduru:

1. Trljaj komad metala o komad plastike.
2. Stavi naelektrisani komad plastike na aluminijumsko zvono koje se može slobodno kretati.
3. primakni komadu plastike naelektrisanu metalnu špahtlu i videćeš da se plastika i špahtla privlače.
4. Prođi po ručki metalne špahtle kroz prste ili protrljaj papirom, zatim prinesi komadu plastike i videćeš da se odbijaju.

Ovaj eksperiment dokazuje da se naelektrisanja različitog polariteta mogu ili privlačiti ili odbijati.

Potreban materijal: 13, 26, 27.

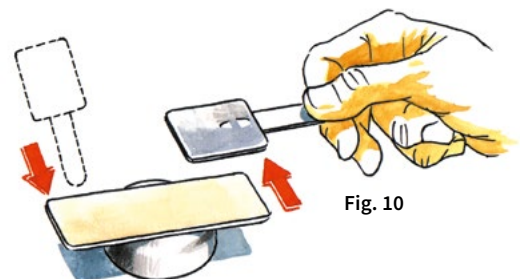


Fig. 10

11. PROSTI ELEKTROSKOP.

Koristeći se delovima ovog seta pokušaj sastaviti prosti elektroskop. Sa sl.11 možeš videti kako pojedinačne delove treba sastaviti. Na plastičnoj osnovi se nalazi železni stalak sa laganim pokazivačem napravljenim od komada papira veličine 140x12mm. Igla koja prolazi kroz pokazivač malo iznad njegovog težišta služi kao osovinica. Elektroskop je savršen ako mu je pokazivač vertikalno, a u slučaju bilo kakvog ugibanja lagano oscilira.

Potreban materijal: 3 x 5, 3 x 6, 8, 20, 2 x 28, 29, igla, pokazivač.

12. NAELEKTRISANA PLASTIKA PRIVLAČI POKAZIVAČ NA ELEKTROSKOPU.

Suvim prstima prođi po komadu plastike, ili je protrljaj papirom, zatim je prinesi pokazivaču elektroskopa (sl.12). Plastika će privući pokazivač. Isti eksperiment se može napraviti sa češljem, komadom stakla ili pečatnim voskom kada ga protrljamo tkaninom. Sva ova i mnoga druga tijela, ako su bila protrljana, privlače pokazivač elektroskopa. Trljanjem se tela naelektrišu.

Potreban materijal: (11), 26.

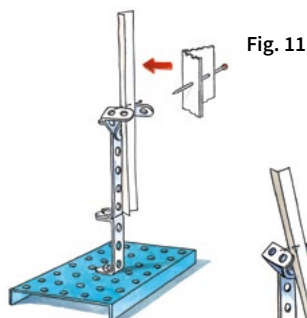


Fig. 11

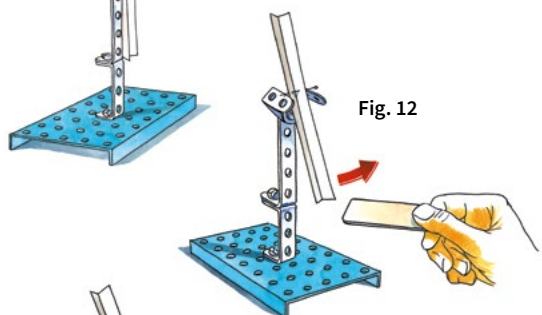


Fig. 12

13. NAELEKTRISANA METALNA ŠPAHTLA PRIVLAČI POKAZIVAČ ELEKTROSKOPA.

Ponovi eksperiment br.12, ali ovaj put nemoj trljati plastiku rukom nego o metalnu špahtlu pričvršćenu za plastičnu ručku. Kada primakneš metalnu špahtlu pokazivaču elektroskopa, ona ga privlači. Zatim omotaj metalnu špahtlu komadom papira ili tkanine i trljaj o plastiku. Trljanjućih, papir, tkanina i druga tela postaju naelektrisana. Ovi eksperimenti pokazuju da oba tela - i ono koje smo trljali i ono kojim smo trljali - postaju naelektrisana.

Potreban materijal: (11), 26, 27, komad papira ili tkanine.

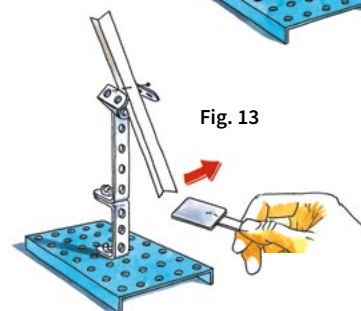


Fig. 13

14. PUNJENJE ELEKTROSKOPA ELEKTRICITETOM.

Stavi komad plastike na rub stola, protrljaj ga metalnom špahtlom lagano je pritišćući, a zatim njom dotakni stalak na elektroskopu (sl.14). Pokazivač će se pomeriti i ostati u tom položaju. Ako ovo ponoviš nekoliko puta, pomeranje pokazivača će se povećavati zahvaljujući povećanju naelektrisanja.

Potreban materijal: (11), 26, 27.

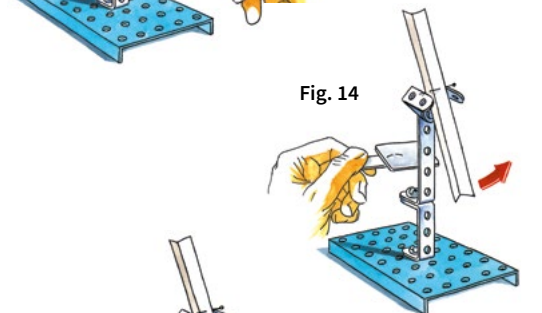


Fig. 14

15. PRAŽNENJE ELEKTROSKOPA.

Dodirni prstom naelektrisani stalak elektroskopa (sl.15) i pokazivač će se vratiti u početni položaj. Elektroni koji su prošli tvojim telom u zemlju ili možda u suprotnom smeru. Prethodni eksperimenti su pokazali da se tela naelektrišu ako ih trljamo o plastiku. Da li će i tvoje ruke biti naelektrisane?

Potreban materijal: (11).

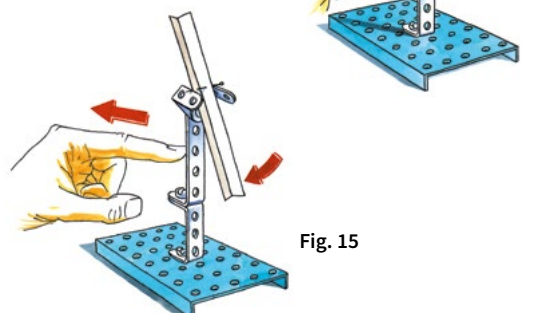


Fig. 15

16. PROGRESIVNO PUNJENJE ELEKTROSKOPA.

1. Stavi komad palstike na rub stola i protrljaj ga suvom rukom ili papirom.
2. Stavi metalnu špahtlu sa plastičnom ručkom na komad plastike.
3. Pre nego digneš metalnu špahtlu, dodirni je prstom.
4. Zatim, metalnom špahtlom dodirni stalak na elektroskopu. Pokazivač će se pomeriti. Ako ponoviš korake 2,3 i 4, skretanje pokazivača će se povećati zahvaljujući tome što se naelektrisanje povećava.

Potreban materijal: (11), 26, 27.

17. PROGRESIVNO PRAŽNENJE ELEKTROSKOPA.

Sledeći proceduru prethodnog eksperimenta, napuni elektroskop elektroforusom. Kada se elektroskop napuni, dodirni ga metalnom špahtlom. Pokazivač će malo pasti. Ako metalnu špahtlu dovedeš u kontakt sa svojim telom pa sa pokazivačem na elektroskopu uzastopno, pokazivač će više i više padati.

Potreban materijal: (11), 26, 27.

18. PROVODNICI I IZOLATORI.

Napuni elektroskop elektroforusom (vidi eksperiment br. 16), zatim stalak na elektroskopu dodirni ručkom od metalne špahtle, olovkom, komadom papira, bakarnom pločicom ili nekim drugim delo iz seta.. Šta uočavaš? U dodiru sa plastikom, suvim staklom, porcelanom, pečatnim voskom, parafinskim voskom itd. pokazivač na elektroskopu se uopšte ne miče. Shodno tome, svi pomenuti materijali su izolatori. Međutim, metali su odlični provodnici kao i tvoje telo, olovka, vlažan papir itd.

Potreban materijal: (11), 24, 26, 27, različiti predmeti.

19. POZITIVNO I NEGATIVNO NAELEKTRISANJE.

Naelektriši elektroskop pomoću elektroforusa i pokazivaču prinesi metalnu špahtlu korištenu pri punjenju elektroskopa (sl.19). Pokazivač će se pomeriti. Međutim ako pokazivaču prineseš plastiku, ona će ga privući. Ovo dokazuje da tela mogu imati različita naelektrisanja. U tvom slučaju metal i elektroskop su napunjeni pozitivnim naelektrisanjem, dok je plastika naelektrisana negativno.

Tela istog naelektrisanja se odbijaju, dok se suprotno naelektrisana tela privlače.

Potreban materijal: (11), 26, 27.

20. ELEKTRIČNO KLATNO.

Pokušaj napraviti električno klatno koje će ti omogućiti veoma poučne eksperimente. Sastoji se od zvona od stiropora (1), pamučne niti (2), vertikalne papirne čaure (3), zgloba (4), i horizontalne papirne čaure (5). Ako ti je sferno jezgro nedostupno, možeš koristiti celofan. Omotaj komad celofana 5x3cm oko olovke, pritisni s prednje strane i pričvrstga za pamučni ili najlonski konac. Da napraviš potrebne papirne čaure (90mm), uzmi list papira iz sveske i preseći ga dužinom na dva jednaka dela (90x100mm). Svaki od komada namaži lepilom pa ga nežno omotaj oko gvozdene šipke iz seta. Da se čaura ne bi odlepila zaštititi je elastičnom ili lepljivom trakom. Prije nego se lepilo sasvim osuši skini čauru sa šipke i pričvrsti je za plastično postolje šarafom sa duplim navojem. Zglob ćeš napraviti tako što ćeš saviti ekser ili žicu odgovarajuće debljine pod pravim uglom.

Potreban materijal: 2 x 6, 8, 9, 12, papir, celofan ili alu-folija, pamučni konac, gvozdene žica.

21. EKSPERIMENT SA ELEKTRIČNIM KLATNOM.

1. naelektrisanu plastičnu pločicu prinesi električnom klatnu. Plastika će privući sferno jezgro samo da bi ga odmah nakon toga odbila; tako da gha nećeš moći uhvatiti plastikom.
2. Dodirni rukom sferno jezgro i prinesi mu naelektrisanu metalnu špahtlu. Ona će privući sferno jezgro samo da bi ga odmah zatim snažno odbila.

Koje je objašnjenje za pomenuti fenomen?

Plastika je negativno naelektrisana. Upravo iz tog razloga ona privlači sferno jezgro a zatim ga odbija. Metalna špahtla je naelektrisanapozitivno. Kontaktom sa sfernim jezgrom, ono takođe postiže pozitivno naelektrisanje i zbog toga se odbija.

Navedene činjenice nas vode ka zaključku da se tela sa istopolniom naelektrisanjem odbijaju.

Potreban materijal: (20), 26, 27.

22. NAELEKTRISANA TELA SUPROTNOG POLA SE PRIVLAČE.

Ovaj eksperiment zahteva dva klatna. Prvi se montira na plastično postolje, a drugi na aluminijumsko zvono. Drži klatna razdvojena i naelektriši ih suprotnim polovima. Smanjujući razmak između klatna, uočićeš da se sferna jezgra privlače. Akose, pak, dodirnu punjenje se izjednačava. Ovo nas vodi ka dva zaključka:

1. Suprotnopolna naelektrisanja se privlače.
2. Pozitivna i negativna naelektrisanja jednake jačine se izjednačavaju.

Potreban materijal: (20), 6, 13, 25, 26, 27, papir, alu-folija, konac.

Fig. 16

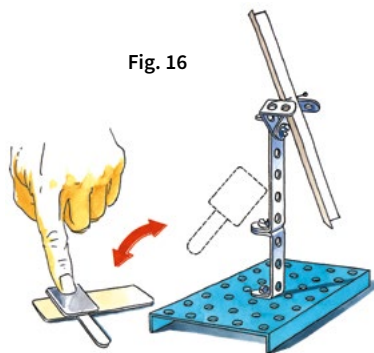


Fig. 17

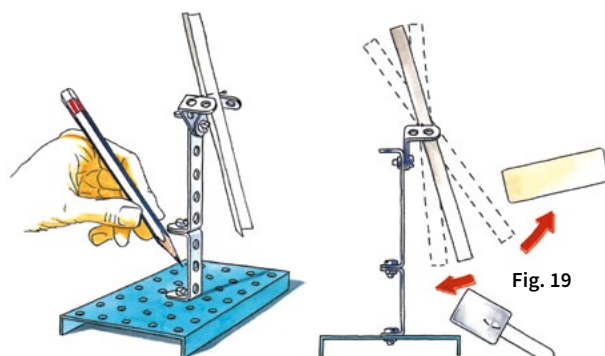
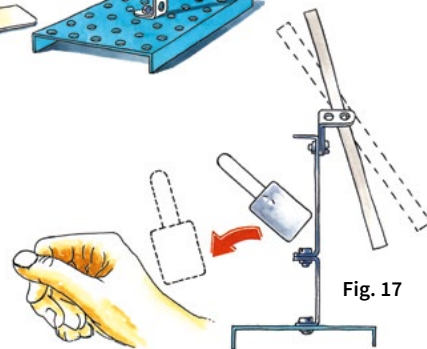


Fig. 18

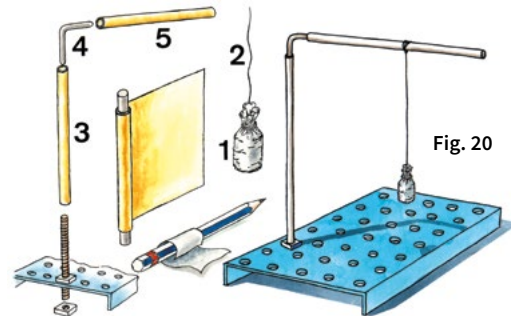


Fig. 20

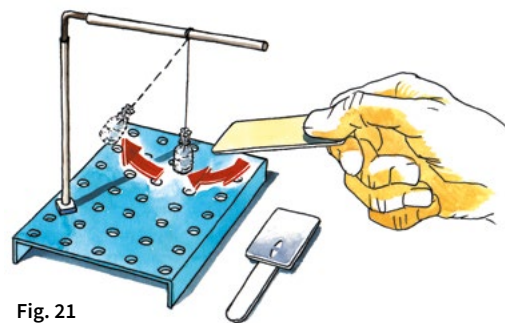


Fig. 21

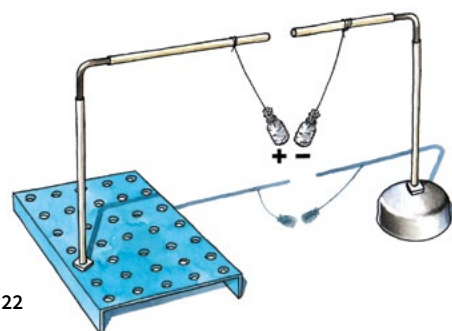


Fig. 22

23. LISNI ELEKTROSKOP.

Naredni eksperimenti sa statičkim elektricitetom zahtevaju osetljivije instrumente. Stoga, sledeći ove instrukcije, možeš napraviti lisni elektroskop:

1. Upotrebi šaraf i maticu da pričvrstiš držač 60x12mm u centar plastične osnove (9).
2. Zatim, uzmi drugi šaraf i maticu da učvrstiš aluminijumsko zvono na slobodan kraj držača, ali ostavi 10mm šarafa da viri iz zvona. Tu treba staviti čauru od umotanog celofana 90mm. Kako se pravi čaura je opisano u eksperimentu br. 20. Gornji deo čaure služi da drži dva nosača od gole bakarne žice 0,3mm. Nosač je pravougaonog oblika, dužine 10mm a širine 5mm, napravljen tako da ne bude fiksiran za čauru. Listići elektroskopa bi trebalo da budu papirići veličine 8x70mm. Pričvršćeni su za nosač kao što se može videti na sl. 23 (desno). Strelica pokazuje gde se listići trebaju uglaviti.

Potreban materijal: 5, 2 x 6, 8, 13, 20, 25, 36, papir, alu-folija.

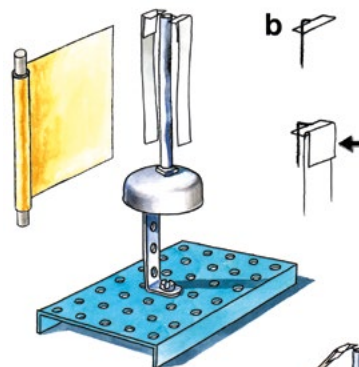


Fig. 23

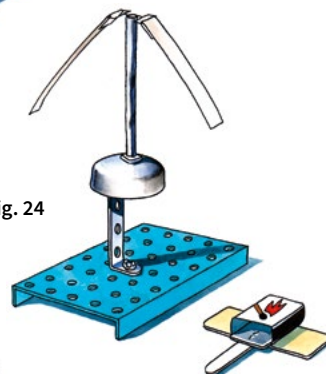
24. ELEKTRICITET IZ KUTIJE ZA ŠIBICE.

Stavi metalnu špahtlu u kutiju od šibica i držeći za plastičnu ručku trljaj o komad plastike. Kada dohvatiš elektroskop prstom, listići se primaknu. Zatim umotaj plastiku u papir, tkaninu, krzno itde, i probaj je naelektrisati trljanjem o komad plastike.

Na kraju pokušaj naelektrisati komad stakla trljajući ga o svilu ili vunu.

Potreban materijal: (23), 26, 27, kutija od šibica.

Fig. 24



25. KAPACITET.

Jedan kraj ručke metalne špahtle omotaj celofanom i dobićeš dve metalne špahtle: veliku i malu na istoj izolovanoj ručki (sl.25).

Dalje sledi uputstva iz eksperimenta br. 16 da bi naelektrisao elektroskop do potpune defleksije. Kada dohvatiš naelektrisani elektroskop malom metalnom špahtlom sa celofanom, ugaio između elektroskopskih listića će se smanjiti. Zatim uzmi istu metalnu špahtlu i dodiruj naizmenično svoje telo i elektroskop sve dok se listići skoro sasvim ne sastave.

Kasnije dopuni elektroskop i ponovi ovaj eksperiment koristeći veliku metalnu špahtlu. Koja metalna špahtla ima veći kapacitet?

Potreban materijal: (23), 26, 27, alu-folija.

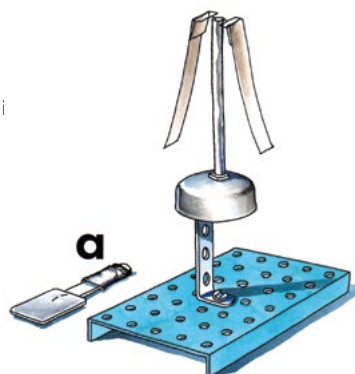


Fig. 25

26. JONIZACIJA VAZDUHA.

1. Naelektriši elektroskop do potpune defleksije oba listića i uoči vreme koje oni budu u refleksiji. Po suvom vremenu, naročito zimi, listići ostaju u razmaknuti po nekoliko sati, što nam dokazuje da je vreme dobar izolator. Po vlažnom vremenu, međutim, listići se ubrzo vrate u prvobitni položaj.

2. Dopuni elektroskop i pažljivo (tako da se listići ne zapale) prinesi zapaljenu šibicu. Momentalno se listići primiču. Ovo je rezultat činjenice da se pod uticajem toplote molekuli vazduha kreću takvom brzinom koja je recipročna jonizaciji; drugim rečima, molekuli se pune ili prazne statičkim elektricitetom pomoću elektrona.

Vazduh podleže jonizaciji ali je takav, jonizovan vazduh loš izolator. Zbog toga se često munja pretvori u vatru.

Potreban materijal: (23), 26, 27, šibice.

Fig. 26



27. ELEKTROSTATIČKO POLJE.

Izreži komad kartona srednje debljine iste veličine kao što je komad plastike iz tvog seta. Stavi ga na kraj stola i pokrij ga komadom plastike. Ako komad plastike trljaš papirom ili suvom rukom i onda ga podigneš, šta uočavaš?

Podižući komad plastike, podižeš i karton, premda je on prilično teži.

Zahvaljujući trljanju komad plastike je stekao negativno punjenje, dok je karton, pod uticajem negativnog punjenja, postao pozitivno naelektrisan. U principu, pozitivno i negativno naelektrisanje se privlače. Jačina privlačenja može biti prilična i oseti se tek kada se dva komada razdvajaju (sl.27). Polje između oba komada je poznato kao elektrostatičko polje.

Potreban materijal: 26, komad kartona.

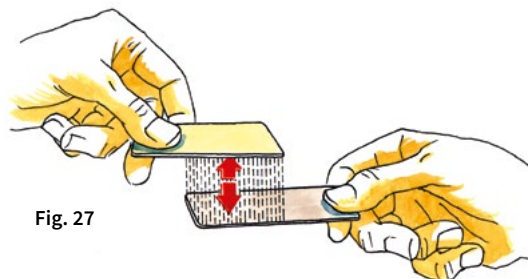


Fig. 27

28. ELEKTRIČNA MREŽA SILE.

Stavi komad kartona na kraj stola tako što je pod kartonom podugačak komad konca. Komad kartona pokrij plastikom i protrljaj je rukom ili papirom. Jednom rukom zadrži karton na stolu a drugom podigni plastiku na visinu 6-8mm iznad. Uočićeš određeni otpor. Osim toga, krajevi konca se podižu za plastikom. To je zbog činjenice da se elektrostatičko polje između dva predmeta sastoji iz nevidljive mreže sile, čiji pravac pokazuju niti konca koje su se podigle.

Potreban materijal: 26, komad kartona, konac.



Fig. 28

29. KONDENZATOR.

Postavi naelektrisani komad plastike na ivicu stola i iznad njega stavi elektroskop. Listići elektroskopa se ne miču iako je plastika naelektrisana. Zašto? Plastika je negativno naelektrisana. Kao posljedica, u odnosu sa plastikom sto je postao pozitivno naelektrisan. Podižući plastiku zajedno sa elektroskopom za 8-9cm u visinu iznad stola, njegovo pozitivno naelektrisanje slabi, negativno punjenje plastike prevladava, zbog toga se listići elektroskopa šire. Pozitivno punjenje stola i negativno punjenje plastike predstavljaju kondenzator. Princip kondenzatora je takođe spomenut u eksperimentima br. 27 i 28.

Potreban materijal: (23), 26, 27.

Fig. 29



30. OTKRIVANJE POLARITETA BRIFEROM.

Dodirni negativno naelektrisan listić elektroskopa briferom. Listići se primiču i jedna od elektroda na briferu se pali. Kada je elektroskop pozitivno naelektrisan, druga elektroda na briferu se pali. Briferi se koriste za ispitivanje voltaže u mrežnom napajanju. u slučaju kada je brifer povezan sa mrežnim napajanjem, obje elektrode se pale zbog naizmenične struje. Napomena: eksperiment izvoditi u mračnoj prostoriji.

Potreban materijal: (23), 26, 27, brifer (nije uključen).

Fig. 30



31. EFEKAT IGLE.

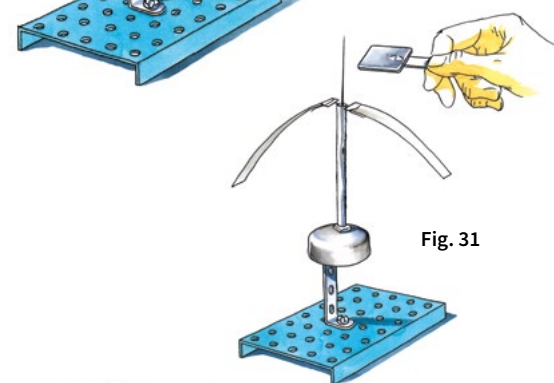
Pričvrsti iglu za elektroskop i, bez dodirivanja, prinesi mu metalnu špahtlu pozitivno naelektrisano. Listići elektroskopa će se, iako ga nisi dodirnuo, deflektovati. Zatim skloni metalnu špahtlu a prinesi iglu (bez dodirivanja) vrhom druge igle koju držiš u ruci. Elektroskop se postepeno prazni, samo ako nema kontakta između vrhova dve igle.

Očigledno ju da elektroni prolaze iz jednog tela u drugo preko vrha igle.

Uopšteno, ovakve igle mogu rešiti različite probleme u tehnici. Koriste se u fabrikama papira da uzemlje statički elektricitet koji se stvara zbog trenja papira i uzrokuje slepljivanje listova papira. Nadalje se koriste da se sa aviona ukloni statički elektricitet koji raste trenjem o vazdušne struje, kao i sa remenja; a još služe kao gromobran.

Potreban materijal: (23), 26, 27, igla.

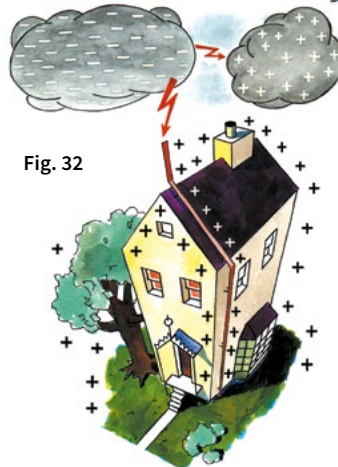
Fig. 31



32. GROMOBRAN.

Gromobran se sastoji iz gvozdene šipke sa šiljkom na vrhu. Tu je i debela bakarna žica ili traka od pocinčanog lima od vrha do zemlje, gdje se veže za veću metalnu mrežu. Kada se oblak nabijen statičkim elektricitetom približi zgradi/objektu, ona se zbog indukcije, takođe puni elektricitetom. Ako je oblak pozitivno naelektrisan, objekat je negativan, i obrnuto. Ovo je veoma jako električno polje (kondenzator) između objekta i oblaka. Zahvaljujući vrhu gromobrana elektroni prolaze iz oblaka u munju i obrnuto. Zbog toga se elektricitet izjednačava i opasnost od groma je izbegnuta. Ako grom ipak udari, udariće u gromobran a ne u objekat. Zbog toga su veliki objekti/zgrade opremljeni.

Fig. 32



33. FARADEJEV KAVEZ.

Jedna antička priča govori o kralju neke daleke zemlje kome su vile na rođenju kćerke predskazale da će ona umreti na svoj šesnaesti rođendan. Kako se taj dan primicao, kralj je napravio i zaštitio dvorac na koji se jedino moglo doći preko pokretnog mosta. Sve do svog šesnaestog rođendana, princeza je u dvorcu živela sa svojim slugama. Pa ipak, na njen 16. rođendan nebo se iznenada zamračilo i počelo je grmiti i sevati. Grom je pogodio dvorac uz strašnu buku i ubio princezu. To se desilo nekada davno.

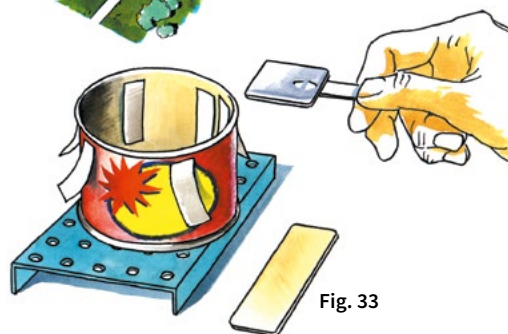
Ali da li je moguće danas zaštititi zgrade od groma? Da. Mogu biti zaštićene ili gromobranom ili tzv. Faradejevim kavezom, koji je čak pouzdaniji. Naredni eksperiment će nam objasniti kako radi.

Stavi manju limenu konzervu (staru limenku ili aluminijumsku šoljicu) na plastično postolje i zalepi par papirnih trakica (na sl.33 su pokazana samo dva) sa unutrašnje i vanjske strane zida konzerve. Zatim dodirni posudu (kavez) naelektrisanom metalnom špahtlom. Vanjske papirne trakice će se uviti, dok se unutrašnje neće pomeriti. Čak i ako se posuda iznova naelektriše, ostaje neutralna. Isto će se dogoditi ako se posuda probuši na nekoliko mjesta, ili ako se umjesto konzerve koristi žičana korpica. Ako se ista žičana mreža koristi u oblaganju zgrade, onda će zgrada biti zaštićena od groma.

Faradejev kavez se posebno koristi za zaštitu magacina municije.

Potreban materijal: 8, 26, 27, metalna posuda, papir.

Fig. 33



34. NEKOLIKO DODATNIH EKSPERIMENATA.

Žiletom preseći nekoliko kuglica starijeg jezgra, stavi ih na sto i primakni im naelektrisanu špahtlu. Kuglice će živahno skočiti sa stola. Umjesto kuglica iz jezgra, možeš koristiti male papirne rolne.

Potreban materijal: 26, 27, papir, kuglice starijeg jezgra ili izmrvljen stiropor (nije uključen).

Fig. 34



35. MOLEKULI, ATOMI, ELEKTRONI.

Cela priroda se sastoji iz molekula i atoma. Atom je najmanja jedinica nekog elementa. Do sada nauka poznaje 118 elemenata od kojih su 92 neutralna. Ostale je stvorio čovjek. Premda atomi pojedinačnih elemenata mnogo variraju, imaju neke zajedničke osobine u smislu strukture i veličine. Svaki se atom sastoji iz krupnog i teškog jezgra, koji je okružen neprestanim kretanjem većeg ili manjeg broja laganih elektrona. Najjednostavniji je atom vodika (sl.35 levo). Sastoji se iz malog nukleusa, oko kojeg kruži jedan elektron (e), kao što Mjesec kruži oko Zemlje. Drugi je helijum (sl.35 u sredini). Atom helijuma se sastoji iz većeg nukleusa, oko kojeg kruže dva elektrona. Nukleus litijuma je okružen sa 3 elektrona, nukleus željeza sa 26, zlata sa 79, olovo sa 82, i nukleus uranijuma sa 92 elektrona sa različitim međurazmacima. U atomima elektroni su usmereni na nukleus potpuno isto kao i što je Mesec usmeren ka Zemlji, a Zemlja ka Suncu. U pojedinim telima atom može izgubiti neke elektrone. Zbog gubljenja elektrona, tela postaju pozitivno naelektrisana, dok su ona tela, u kojima atomi dobijaju nove elektrone, negativno naelektrisana.

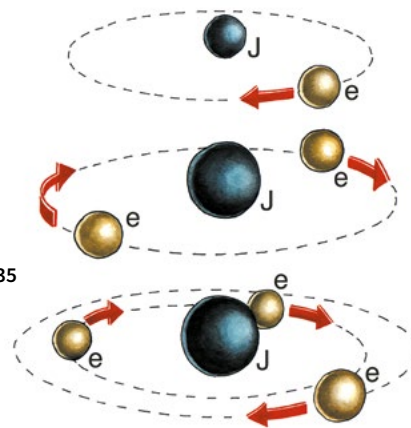


Fig. 35

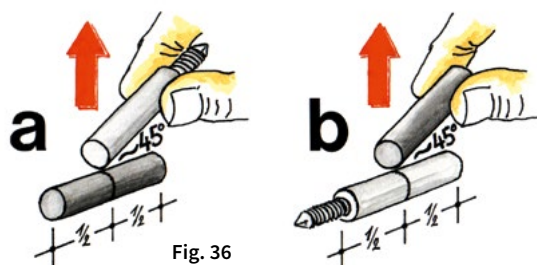


Fig. 36

MAGNETIZAM

36. TAJNE MAGNETIZMA.

Set sadrži dve masivne cilindrične šipke od kojih jedna završava navojem. Bez dodavanja bilo kojeg drugog predmeta, ovaj eksperiment će pokazati:

1. koji je od dva predmeta magnet a koji samo gvožđe;
2. da li magnet privlači gvožđe i obrnuto.

Eksperiment se može uraditi na sledeći način: jedan od dva predmeta stavi na sto i, dodirujući ga drugim predmetom negde na sredini, pokušaj podići prvi, kao što je prikazano na sl. 36. Ako uspeš podići onaj koji leži na stolu, onaj drugi u tvojoj ruci je magnet. Ako, naprotiv, onaj koji leži na stolu tamo i ostane, onda je on magnet. Kasnije ćemo objasniti zašto je tako.

Eksperimenti pokazuju da ne samo magnet privlači gvožđe, nego isto tako i gvožđe privlači magnet. Dakle, oni se recipročno privlače.

Potreban materijal: 10, 16.



Fig. 37

37. MAGNET.

Stari Grci su pronašli jednu rudu u blizini grada Magnezija u Maloj Aziji koji je imao moć da privlači komadiće gvožđa. Legenda isto tako kaže da je komadiće te rude privlačila pastirska vabilica sa gvozdenim vrhom. Ova je ruda nazvana magnetit a sila privlačenja-magnetizam. Kako će se kasnije i pokazati, ovakav prirodni magnet će služiti u pravljenju veštačkog magneta. Ovaj set sadrži veštački magnet, iako nije napravljen od magnetita nego od električne energije. Koristeći ovaj magnet, sve šarafe i matice iz seta, kao i mnoge druge gvozdene predmete, možeš podići.

Potreban materijal: 5, 6, 10.

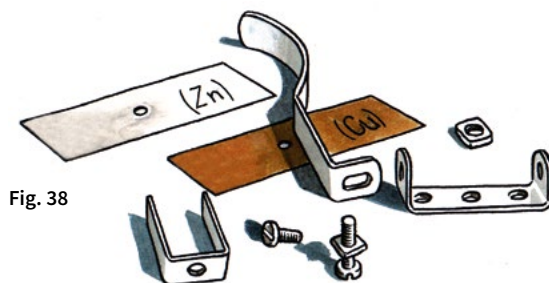


Fig. 38

38. DA LI MAGNET PRIVLAČI SAMO GVOZDENE PREDMETE?

Poredaj različite metalne predmete iz seta po stolu i pokušaj ih podići uz pomoć magneta. Koje predmete možeš podići?

Moguće je podići sve predmete od gvožđa, npr. šarafe, matice, eksere, lisnate komadiće gvožđa, dok predmeti od cinka, bakra ili olova neće biti privučeni magnetom. Privlačna snaga magneta je najveća u slučaju tzv. magnetske legure, kao što su AlNi i AlNiCo. Magnet iz seta je napravljen od legure AlNiCo (aluminijum, nikel, kobalt).

Pripomočki: 5, 6, 10, 23, 24, kovinski predmeti.

39. MAGNET IMA DVA POLA.

Pospri list papira sitnim komadićima gvožđa, uroni magnet u njega i zatim ga odmah izvadi. Komadići će se uhvatiti za magnet, ali se ipak neće jednako rasporediti po celoj dužini. Krajevi, na kojima je magnetna privlačnost najjača, se zovu polovi. Svaki magnet ima dva pola. Ako je namagnetisanost tu najjača, na sredini magneta ona iznosi nula. Možeš li sada da rešiš zagonetku iz eksperimenta br. 36?

Potreban materijal: 3, 10, komad papira.

40. MAGNETNO POLJE.

Stavi magnet ispod plastične osnove pokriveno komadom kartona 9,5 x 7cm. Zatim, pospi komadiće gvožđa po kartonu i lagano ga potapkaš olovkom. Komadići će obrazovati linije koje se šire iz jednog pola u svim pravcima i koji formiraju manje ili veće krivine prema drugom polu. Ti komadići će se skupljati duž nevidljive linije sile.

1. Ponovi eksperiment tako što karton podižeš 2-3cm. Sada se takođe komadići gvožđa skupljaju dužinom magnetnih linija sile.

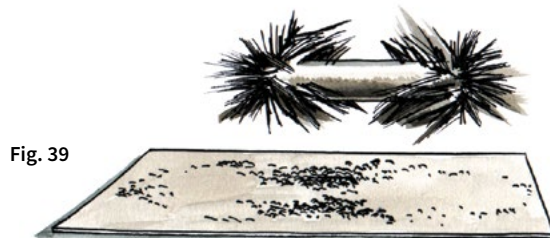


Fig. 39

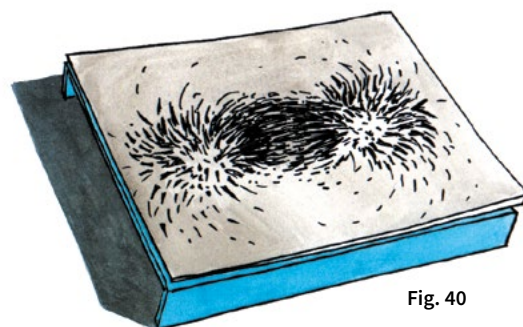


Fig. 40

2. Ponovi eksperiment, ali magnet postavi vertikalno. U ovom slučaju će komadići gvožđa postići pravilan oblik.

Zaključak: Područje oko magneta pokriveno je magnetnim linijama sile. Oni obrazuju magnetno polje koje je najjače oko oba pola.

Potreban materijal: 3, 8, 10, karton.

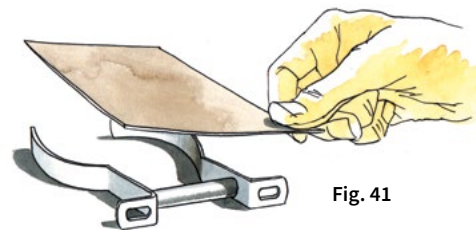


Fig. 41

41. MAGNETNO POLJE IZMEĐU RAZLIČITIH POLOVA.

Stavi magnet na sto i na svaki kraj mu dodaj stator laminations kao što je prikazano na sl. 41. Pokrij ga kartonom, pospi komadićima gvožđa i lagano utapčaj. Komadići gvožđa se raspoređuju duž magnetnih linija sile, što je pokazao predhodni eksperiment, kao i između dva komada stator laminations. Ovo drugo je posebno važno da bismo shvatili generator i elektromotor.

Potreban materijal: 3, 10, 15, karton.

42. MAGNETNO POLJE IZMEĐU JEDNAKIH POLOVA.

Kao na sl. 42, postavi magnet na sto i dodaj mu dva stator laminations, oba da dodiruju isti magnetni pol. Pokrij ga kartonom i po njemu pospi komadiće gvožđa. Zapažanje: u ovom eksperimentu nas ne interesuju komadići gvožđa tik uz magnet nego oni između dva stator laminations. Ovdje su komadići gvožđa ostali potpuno zbrkani, obzirom da u magnetnom polju ne postoje magnetne linije sile. S druge strane, izvan polja koje okružuju dva stator laminations, magnetne linije sile formiraju vrlo guste lukove, šireći se iz stator laminations ka suprotnom magnetnom polu. Iz ovih eksperimenata može se zaključiti da magnetni polovi nisu ni slični. Ovo će se, takođe, dokazati u narednim eksperimentima.

Potreban materijal: 3, 10, 15, karton.

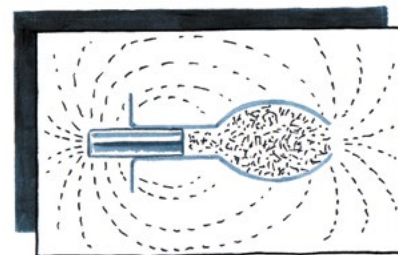


Fig. 42

43. SEVERNI I JUŽNI MAGNETNI POL.

Koristeći ravnu pamučnu traku horizontalno poveži magnet iz seta komadom papira. U ovu svrhu se može koristiti stalak iz eksperimenta br. 20. Kada magnet nakon nekog vremena miruje, jedan od njegovih krajeva će pokazati Sever, a drugi Jug. Magnet ima dva pola, severni i južni pol. Obeleži severni pol komadićem papira ili bojom. Ovaj pol pokazuje u pravcu Severnog pola na Zemlji.

Potreban materijal: (20), 10, papir, konac.

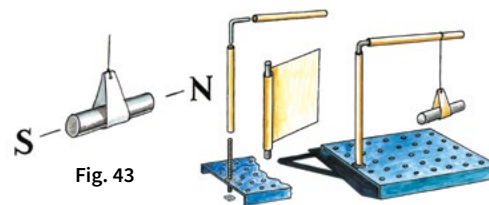


Fig. 43

44. MAGNETIZAM ČELIKA I GVOŽĐA.

1. Nekoliko puta iznad gvozdene pletaće igle ili veće šivaće igle zamahni jednim polom na magnetu, kao što je pokazano na sl. 44, uvek u istom pravcu. Zatim, uroni jedan kraj igle u komadiće gvožđa: igla će ih privući jer je namagnetisana. Eksperiment pokazuje da i igla ima dva pola. Kada je povežem koncem, igla će zauzeti takav položaj u kojem će jedan kraj pokazivati Sever, a drugi Jug.

2. Primeni isti metod da naelektrišeš gvozdenu šipku iz seta. Šipka će privući samo mali broj komadića gvožđa što znači da nije jako namagnetisana. Namagnetisanost će uskoro nestati. Čelik može biti trajno namagnetisan dok gvožđe ostaje namagnetisano samo privremeno.

Potreban materijal: 3, 9, 10, gvozdена pletaća igla.

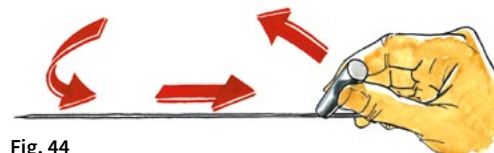


Fig. 44

45. VELIKA TOPLOTA UNIŠTAVA MAGNETIZAM.

Nekoliko sekundi drži namagnetisanu gvozdenu pletaću iglu nad plamenom sveće, a zatim proveri njenu magnetnu jačinu. Igla više nije magnet.

Potreban materijal: 3, 10, sveća, gvozdена pletaća igla.



Fig. 45

46. SAVIJANJE MAGNETA.

Savij namagnetisanu gvozdenu pletaću iglu u različitim pravcima, ponovi eksperiment nekoliko puta pa proveri magnetizam igle. Otkrićeš da je prilikom savijanja igla izgubila magnetizam. Na sličan način će se pojaviti demagnetizacija uslovljena bacanjem ili udaranjem igle.

Potreban materijal: 3, 10, gvozdена pletaća igla.



Fig. 46

47. MAGNETISANJE PEROREZA.

Zamahni magnetom preko oštrice peroreza nekoliko puta, kao što je pokazano na sl. 47. Zatim oštricu stavi u blizinu šarafa ili komadića gvožđa i videćeš da je perorez postao namagnetisan. Kojim magnetnim polom smo naelektrisali perorez i koji pol je na vrhu oštrice? Može li namagnetisani perorez poslužiti kao kompas?

Potreban materijal: 3, 5, 10, perorez.

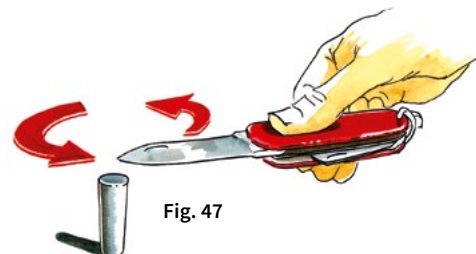


Fig. 47

48. JAČINA MAGNETA.

Do sada smo spomenuli nekoliko magneta. Koji je od njih najjači i šta je njihova snaga? Bez sumnje, AlNiCo magnet iz seta je najjači. Kako se može ispitati jačina magneta?

1. Uz magnet će ti trebati i armatura kao i kartonska čaša, napravljeni prema sl. 48 i povezani tankom niti za armaturu. Uz pomoć magneta podigni armaturu i čašu zatim, puni čašu različitim artiklima iz seta sve dok je magnet dovoljno jak da privlači opterećenu armaturu. Zapamti maksimalno opterećenje koje je magnet podigao. Čaša može biti opterećena na različite načine što će ti omogućiti da preciznije odrediš sposobnost magneta da podiže teret.

2. Kao na sl. 48 kombinuj magnet sa čaurom iz seta i optereti ih armaturom i kartonskom čašom, kao i u predhodnom eksperimentu. Koja je sada snaga magneta? Iako je magnet isti, snaga je veća. Sada su uključena oba magnetna pola dok je u predhodnom eksperimentu bio samo jedan.

Potreban materijal: 10, 17, 18, karton, konac, radni artikli.

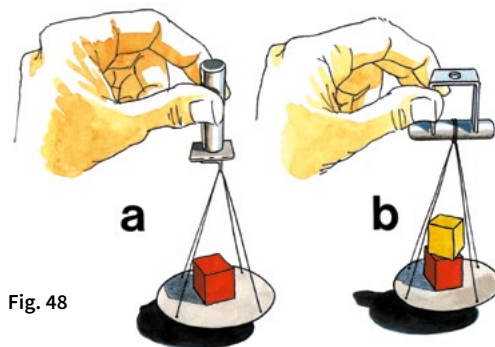


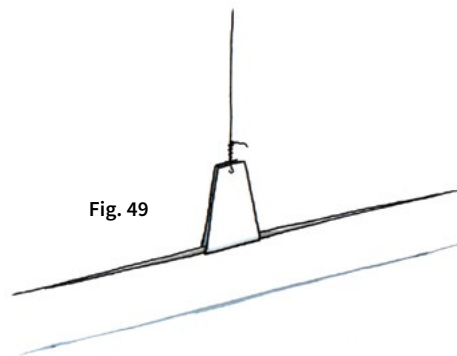
Fig. 48

49. IGLA KOMPASA.

Kompas, koji se nalazi u setu, sadrži namagnetisanu iglu. Kako ga ne možeš izvaditi iz kompasa, bolje sebi napravi drugu na sledeći način: Kombinuj dvije dugačke šivaće igle tako što ćeš tankim koncem spojiti njihove ušice. Zatim, novonastalu iglu namagnetiši trljanjem jednog dela o magnetski Severni pol, a drugog o magnetski Južni pol; ponovi ovo pet ili više puta kretanjem uvek u istom smeru. Na ovaj način ćeš namagnetisati obe prvobitne igle i funkcionisati zajedno kao igla na kompasu. Ako je dugačkim koncem, 12-20cm, povežeš horizontalno i sačekaj da se smiri, videćeš da jedna pokazuje Sever, a druga Jug.

Potreban materijal: 10, dvije šivaće igle, konac, papir.

Fig. 49



50. JAČINA MAGNETNOG POLJA.

Magnetnu iglu okači o stalak i sačekaj da se umiri. Na udaljenosti 10 cm od igle približi magnet sa severnim polom magneta... Da li se igla pomerila. Sačekajte da se igla smiri, a onda brzo okrenite magnet, ako se usled velike udaljenosti od magneta igla ne pomera uradite isti eksperiment na udaljenosti od 8-9 cm. Magnetno polje je veoma jako iako je magnet mali. Eksperimenti su pokazali jačina magnetnog polja opada sa povećavanjem udaljenosti od magneta. Najjače polje je u blizini magneta.

Potreban materijal: (20), (49), 10.

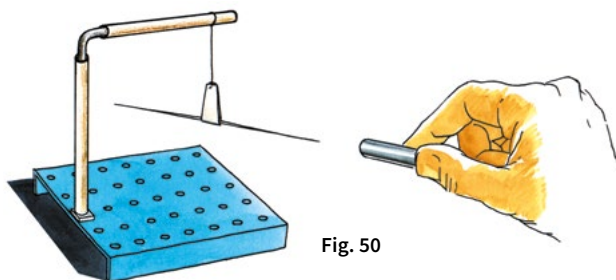


Fig. 50

51. KOMPAS.

U setu se nalazi kompas ali malo drugačiji od uobičajenog; ima jedan element vička. Obični kompas sadrži iglu kompasa sa plavim krajem, koji uvek pokazuje sever i crvenim, koji pokazuje jug. Iglu kompasa drži čelična osovina i igla se slobodno kreće dok je kompas u horizontalnom položaju. Na dnu kompasa je karta, koja pokazuje osnovne tačke. Međunarodni znaci za osnovne tačke su velika slova koja označavaju engleske reči:

S - South

N - North

E - East

W - West

Uz sve ove elemente, kompas sadrži i žutu iglu, koja pokazuje kada se kompas koristi kao galvanoskop. Da bi bolje shvatio, u narednim eksperimentima ćemo koristiti kompas samo sa plavom i crvenom iglom.

Potreban materijal: 34.

Fig. 51

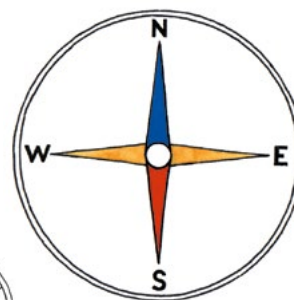


Fig. 52



52. RECIPROČNI UTICAJ MAGNETNIH POLOVA.

1. Severni pol magneta prinesi južnom polu kompasa.
2. Severni pol magneta preinesi severnom polu kompasa.
3. Ponovi eksperiment sa južnim polom magneta.

Ovi jednostavni eksperimenti pokazuju jedan od osnovnih zakona magnetizma: jednaki polovi se odbijaju a različiti polovi se privlače.

Potreban materijal: 10, 34.

53. KOMPAS U MAGNETNOM POLJU.

Postavi magnet na veći list papira za crtanje i kompasom dokaži proširenje magnetnog polja. Stavi kompas na barem 30 različitih tačaka oko magneta i zabeleži smer igle malim strelicama koje pokazuju upravo onaj pravac koji pokazuje igla. Ako pažljivo pogledaš te strelice videćeš da igla kompasa u magnetnom polju uvek pokazuje pravac magnetnih linija sile.

Potreban materijal: 10, 34, papir.

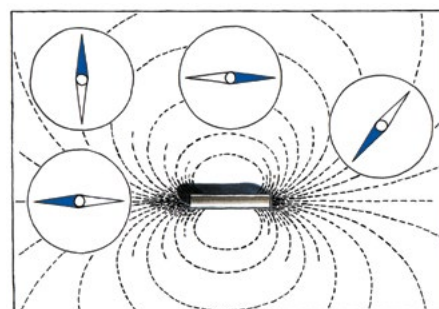


Fig. 53

54. ZEMLJA JE MAGNET.

Slika 54 pokazuje Zemlju sa svojim magnetnim linijama sile. Prava linija Sever (N) - Jug (S) predstavlja geografsku osu Zemlje. Činjenica da Zemlja vrši određen uticaj na iglu kompasa nas vodi ka zaključku da je Zemlja, i sama, jedan veliki magnet čiji je južni magnetni pol smešten u blizini geografskog Severnog Pola, i obrnuto, njen magnetni Severni u blizini geografskog Južnog Pola. Magnetno polje se prostire preko cele Zemlje. Unutar ovog magnetnog polja igla kompasa se uvek ravna u pravcu magnetnih linija sile, od Severa ka Jugu.

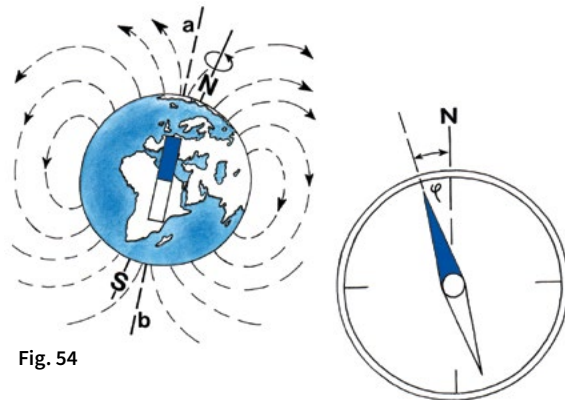


Fig. 54

Fig. 55

55. MAGNETNO ODSUPANJE.

Igla kompasa nikada ne pokazuje tačno prema Severu, nego pokazuje određeno odstupanje. Ovaj fenomen se zove magnetno odstupanje. Tokom godina, veliki broj mernih instrumenata je dokazao da je magnetno odstupanje različito u raznim delovima sveta i da čak na istom mestu nije uvek isto. Kako je kompas izuzetno važan u saobraćaju, podaci o magnetnom odstupanju na posebnim mestima bi trebali biti poznati. Informacije ove vrste se mogu naći na magnetnim kartama.

Potreban materijal: 34.

56. ORENTISANJE POMOĆU KARTE.

Stavi kartu Evrope na sto. Stavi kompas na njen rub i okreći kartu dok njene ivice ne budu paralelne sa iglom na kompasu. U ovoj poziciji karta je poravnata sa Severom. Zatim potraži mesto i pokaži pravac u odnosu na neki evropski grad. Radi veoma precizne orijentacije, treba uzeti u obzir i magnetno odstupanje. To je ugao između geografskog i magnetnog meridijana. U Centralnoj Evropi ono iznosi oko 4 stepena ka Zapadu.

Potreban materijal: 34, karta Evrope.



Fig. 56

57. PUCANJE MAGNETA.

Namagnetiši gvozdenu pletaču iglu. Koristeći se kompasom možeš dokazati da ona ima i severni i južni pol. Slomivši iglu na dva dela. Svaka će se polovina pokazati kao savršen magnet sa svojim severnim i južnim polom. Ako nastaviš da ih lomiš na pola, videćeš da koliko god mali bili komadi magnetna, oni ostaju savršeni magneti.

Potreban materijal: 10, 34, gvozdena pletača igla.

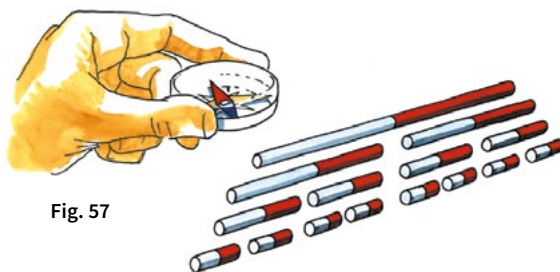


Fig. 57

58. MALI MAGNETI IMAJU UTICAJ.

Protresi kutiju sa punjenjem od komadića gvožđa. Zatim postavi kompas na tu kutiju. Čim se igla kompasa smiri pokazujući pravac Sever-Jug, polako okreni kutiju sa gvoždenim punjenjem zajedno sa kompasom (sl.58 levo). Igla kompasa neće promeniti pravac. Zatim, ponovi ovaj eksperiment tako da staviš magnet na kutiju sa punjenjem. Nakon što je baciš ili promućkaš njen sadržaj (sl.58 sredina), skloni magnet i zameni ga kompasom. Igla kompasa će se ubrzo umiriti. Kada se kutija sa punjenjem okrene zajedno sa kompasom, i igla kompasa će se okrenuti. Zašto?

Potreban materijal: 3, 10, 34.

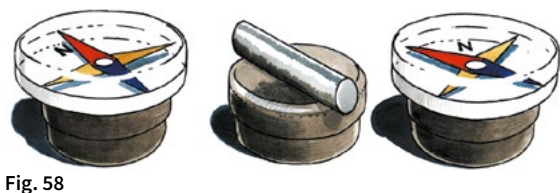


Fig. 58

59. MAGNETNA INDUKCIJA.

Umoči bilo koji komad gvožđa iz seta u komadiće gvožđa i videćeš da nijedan nije namagnetisan. Ipak, svaki od njih će se namagnetisati ako im samo primakneš magnet (sl.59). Čim magnet skloniš, gvožđe gubi svoju namagnetisanost. Kada uzrokuje nastajanje magnetna na ovaj način, dovodeći predmet u magnetno polje, onda se to zove „magnetna indukcija“.

Potreban materijal: 3,10, 15.

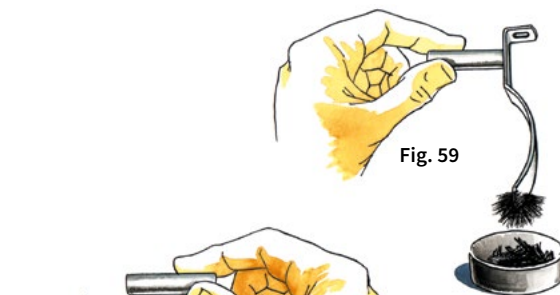


Fig. 59

60. REZIDUALNI (PREOSTALI) MAGNETIZAM.

Uroni gvozdenu šipku koju držiš pomoću magnetna u kutiju sa šarafima i maticama. Gvozdenu šipku će privući mnogo šarafa i matica, što nam pokazuje da je postala namagnetisana. Zatim podigni magnet zajedno sa šipkom, šarafima i maticama koje su se za nju zakačile, uzmi šipku u ruku i skloni magnet. Većina predmeta koji su prethodno bili privučeni će spasti, što pokazuje smanjeni/redukovani magnetizam na šipki. Ipak, ćeš videti da neki šarafi i matice i dalje stoje zakačeni na šipku, jer magnetizam nije nestao sasvim. Opisani fenomen je poznat kao rezidualni/preostali magnetizam, čije je poznavanje veoma važno za pravljenje DC generatora.

Potreban materijal: 5, 6, 10, 16.

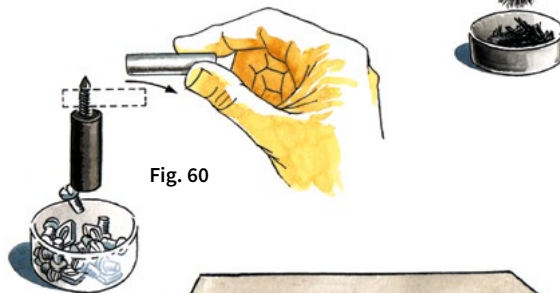


Fig. 60

61. EFEKAT MAGNETA KROZ RAZLIČITE SUPSTANCE.

Slika 61 pokazuje eksperiment u kojem je magnet odvojen od gvozdene matice komadom kartona. Uprkos kartonu, maticu privlači magnet. Staviše, pomerajući magnet i matica se pomjera.

Probaj isti eksperiment sa sa plastičnim ili drvenim lenjirom na koji si stavio maticu. Slični eksperimenti dokazuju da magnetno polje djeluje kroz staklo, bakar, aluminijum, drvo kao i kroz mnoge druge materije izuzev gvožđa.

Potreban materijal: 6, 10, karton, drveni lenjir.

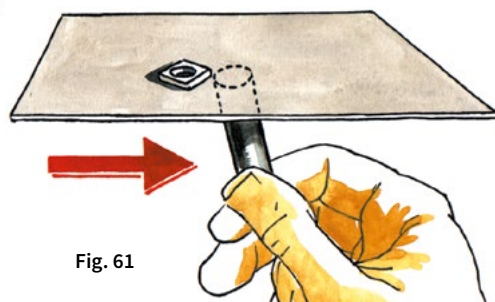


Fig. 61

62. BLOKIRANI MAGNET.

Da bi predstavio ovaj fenomen, magnet iz seta stavi u gvozdenu kutijicu, koja se nekada koristila za slatkiše ili nešto slično. Kako joj prinosiš kompas vidiš da je, zahvaljujući kutijici, magnetno polje je sasvim zaustavljeno.

Ovo dokazuje da gvozdeni štiti može sprečiti prodiranje magnetnog uticaja, kao i uticaj vanjskih magneta u zaštićenom prostoru.

Potreban materijal: 10, 34, gvozdena kutijica.



Fig. 62

63. PAR POKRETLJIVIH IGALA KOMPASA

U tehnologiji se često koriste igle kompasu koje su oslobođene bilo kakvog uticaja Zemljinog magnetizma. Poznate su kao pokretljive/astatične igle i mogu se napraviti na sledeći način. Namagnetiši dvije duge šivaće igle tako da obje ušice imaju isti pol. Zabodi ih u dugačku papirnu rolnu ali tako da na svakoj strani budu dva različita pola (sl.63). Ako, dalje, ovakav par astatičnih igala povežeš tankim neupredenim koncem, one se neće poravnati u pravcu Sever-Jug.

Astatične igle se koriste pri konstituisanju finih galvanoskopa i galvanometara.

Potreban materijal: 10, 2 šivaće igle, papir, konac.

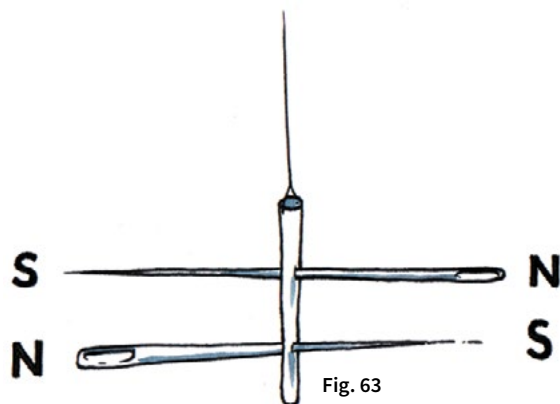


Fig. 63

64. MAGNETNA KOČNICA.

Uzmi stalak iz eksperimenta br. 20 i, kako je prikazano na sl.64, poveži saaluminijumskim zvonom, sa njegovom šupljom stranom nadole. Zvono bi trebalo biti povezano na tačno onoj visini koja pruža dovoljno prostora da se ispod njega stavi magnet. Eksperiment ima dva koraka:

1. prvo, skloni magnet, obeleži zvono sa strane crticom i uvrni ga (rotirajući) tri puta, pusti ga da se slobodno odmoti i izbroj koliko puta se okrene dok se ne umiri u svom prvobitnom položaju.

2. čim se zvono sasvim umiri, postavi magnet ispod i uvrni ga kao i pre. Dok brojiš, videćeš da zvono pravi manje okreta i da se odmotava sporije nego u prvom eksperimentu.

Koji je razlog za to?

Znaš da magnet nikada ne privlači aluminijum, pa ipak ovaj eksperiment je pokazao da se on može ponašati kao kočnica. Kada se aluminijumsko zvono okrene, magnetne linije sile stvaraju određenu struju u aluminijumu. Magnetno polje sprečava njegovo električno polje, što rezultira efektom kočnice.

Potreban materijal: (20), 10, 13, konac, karton.

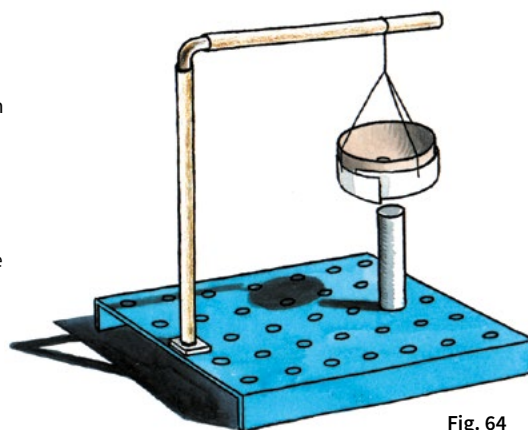


Fig. 64

65. BRODSKI KOMPAS.

Brodski kompas je malo drugačiji od običnog. Pokušaj i sam napraviti model broskog kompasu.

Izreži disk prečnika 10cm od tankog kartona i nacrtaj disk kompasu sličan jednom od naših kompasu. Zatim nacrtaj skalu od 360 stepeni unutar diska, počevši od oznake N. Iгла kompasu iz eksperimenta br. 49 treba da se pričvrsti za kartu kompasu pomoću dve papirne trakice; svojim severnim polom igla treba da pokriva oznaku N na karti kompasu. Ovaj kompas sada poveži neupredenim koncem sa stalka iz eksperimenta br. 20. U ovom slučaju se neće okretati samo igla kompasu, nego i celi kompas. Nakon nekog vremena igla će se umiriti i pokazivaće pravac sever-jug. Onda položi knjigu sa papirnom trakicom na kojoj je iscrtna vertikalna linija ispod kompasu; knjiga predstavlja brod. Ako kapetan sada naredi: „Brod 8 stepeni zapadno“, kormilar će okrenuti kormilo i celi brod će se okrenuti, a vertikalna linija će se podudariti sa 8 stepeni istočno od igla na kompasu koja i dalje pokazuje sever. Da bismo izbegli greške uslovljene ljuľljanjem broda, brodski kompas se povezuje duplom vezom tzv. kardanom.

Potreban materijal: (20), (49), papir, karton, konac, knjiga.

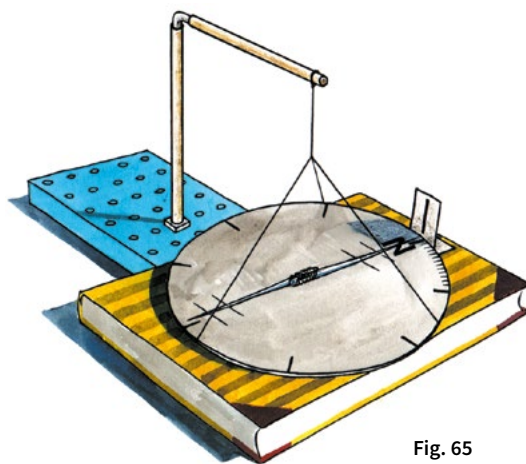


Fig. 65

66. MAGNETNA DEVIJACIJA.

Ako poslušas zapoved kapetana iz prethodnog eksperimenta, tvoj brod više nije okrenut u pravcu severa, nego 8 stepeni zapadno. Sada svom kompasu prinesi čekić ili bilo kakav železni predmet.

Zbog činjenice da se železo i magnet međusobno privlače, čekić će privući iglu kompasu, brod će se uznemiriti i skrenuti sa svog kursa. Ovo se dešava uglavnom i zbog samog broda, koji je napravljen od železa, kao i zbog motora koji ga pokreću. I teret može da sadrži železo, a nikl i kobalt takođe uzrokuju perturbacije.

Da bi sprečio magnetne devijacije (odstupanja), brodski kompas je opremljen pokretnim magnetom i pokretnim železnim kuglicama. U tvom slučaju se magnetna devijacija može ispraviti tako da se igli kompasu, sa druge strane, prinese komad železa ili mali magnet da bi se kompas vratio u početni položaj, npr 8 stepeni zapadno.

Potreban materijal: (65), čekić.

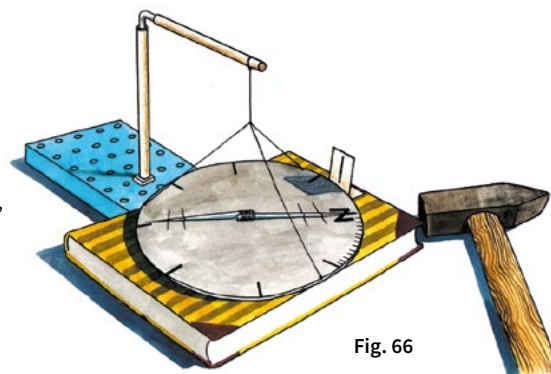


Fig. 66

67. PLUTAJUĆE IGLE KOMPASA.

Jedan veoma interesantan eksperiment pokazuje rezultat recipročnog privlačenja, a suprotnost magnetnih polova se može napraviti na sledeći način: namagnetiši 6 šivaćih igala na isti način. 6 plutanih čepova isjечи na kockice iste veličine i kroz svaku od njih provuci namagnetisanu iglu. Stavi ih da plutaju u nenamagnetisanoj posudi sa vodom, ali tako da su im ušice uronjene u vodu, a vrhovi izvan vode. Sada je svaka igla plutajući magnet. Kako su isti polovi na istoj strani, oni se odbijaju, ali samo na kratko. Odbijanje je izjednačeno privlačnom snagom između ušica i vrhova igala, jer se radi o suprotnim polovima. Preivlačenje i odbijanje, koje smo opisali, rezultira time da igle formiraju različite oblike.

Ponovi eksperiment sa 5, 4 ili 3 igle. Napomena: posuda bi trebala biti dovoljno velika, ali ne železna.

Potreban materijal: 10, posuda sa vodom, 6 šivaćih igala, 6 malih plutanih čepova.

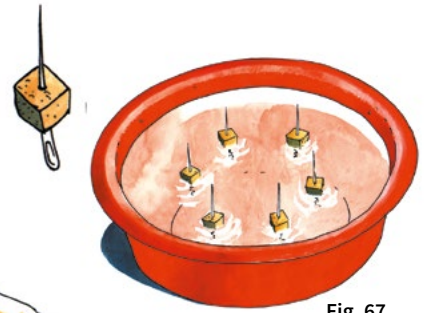


Fig. 67

68. ROTACIONO MAGNETNO POLJE.

Magnet, povezan koncem, uvrni 8-10 puta u istom pravcu i onda ga pusti. Kompas stavi odmah ispod magnetna, nekoliko cm dalje. Igla kompasna će se okretati sve dok se okreće magnet, jer je rotacija magnetna uvijek u skladu sa rotacijom njegovog magnetnog polja.

Potreban materijal: 10, 34, papir, konac.



Fig. 68

BATERIJE I ELEMENTI

69. BATERIJA.

Ova baterija izgleda kao uspravljena kutija. Iz nje idu dva metalna izlaza, sa dva pola: manji je pozitivan, označen sa „+“, a veći je negativan, označen sa „-“. Polove na bateriji bi trebalo što manje dirati da se baterija ne bi ubrzo ispraznila.

Polovi se ne smeju povezati direktno jedan za drugi, da ne bi izazvali kratak spoj.



Fig. 69

70. TESTIRANJE BATERIJE.

U setu postoje sprave za ispitivanje baterije. Svi oni koriste sijalicu i galvanoskop. Kada se sijalica upali ili se galvanoskop miče, baterija je ispravna. Neprestano testiranje će isprazni bateriju.

Potreban materijal: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, baterija.

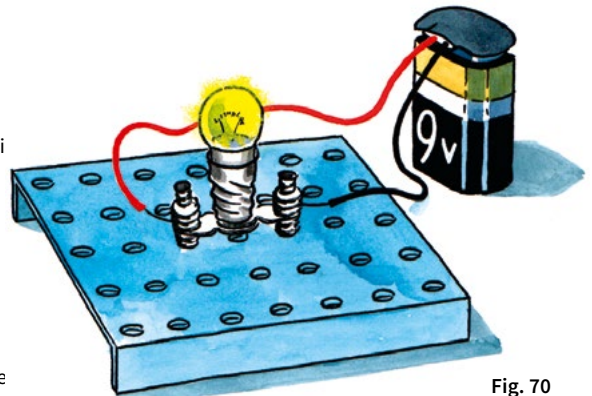


Fig. 70

71. ELEKTRIČNA SIJALICA.

Kako radi električna sijalica možemo objasniti u narednom eksperimentu: zakucaj dva eksera u drvenu dasku sa razmakom od 1cm i poveži ih železnom žicom debljine 0,1mm. Ako žicu povežeš sa izlazima na novoj bateriji (sl.71 lijevo), ona će zasijati crveno. U slučaju da crpiš struju iz dve baterije, žica će izgoreti. Tako isto rade i sijalice. Staklena kugla, iz koje je izvučen vazduh, sadrži veoma tanku Volframovu žicu, npr. metal sa jako visokom tačkom topljenja. Kada struja prođe kroz tu žicu, Volfram postane beo - vreo, ali ne može izgoreti jer je u kugli umesto vazduha argon. Električna sijalica je veoma osetljiva. Ne treba je bacati ili tresti, naročito kada svetli. Isto tako treba paziti na voltažu baterije. Sijalica iz seta se može povezati sa baterijom od 9V. Sa većom voltažom žica u sijalici pregore.

Upozorenje! Baterija može uzrokovati kratak spoj. Ostavite je povezanu samo na kratko - onoliko dugo koliko je potrebna da shvatiš eksperiment. Pazi da ne opržiš prste.

Potreban materijal: drvena daska, 2 eksera, žica, baterija.

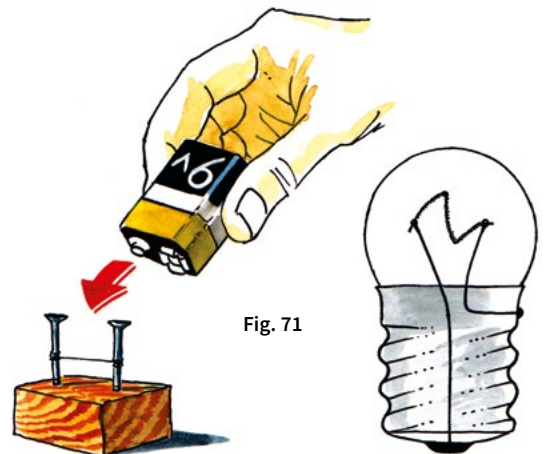


Fig. 71

72. UNUTRAŠNOST BATERIJE.

Baterija od 9V se sastoji iz 6 ćelija ili elemenata (nemoj pomešati sa hemijskim elementima!). Svaka je ćelija napravljena od limenke od cinka sa vrećicom u kojoj je karbonski štapić i mangan dioksid u prahu, potopljena u rastvor soli amonijaka. Pojedinačni delovi su međusobno povezani na sledeći način:

Cink iz prve ćelije je slobodan.

Karbon iz prve ćelije je vezan za cink iz druge.

Karbon iz poslednje ćelije je slobodan.

Dva su izlaza iz baterije: jedan je negativan (cink iz prve ćelije), drugi je pozitivan (karbon iz treće ćelije).

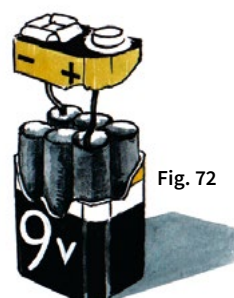


Fig. 72

73. KORIŠTENA BATERIJA.

Baterija traje određeno vreme. Kada se isprazni, bacimo je. Šta je to potrošeno u praznoj bateriji? Cink može korozirati, rastvor nišadora se osuši. Vrećica sa karbon štapićima i magnezijum dioksidom u prahu, pak, mogu ostati ispravne. Potrošenu bateriju baci u kontejner koji je za to namenjen.



Fig. 73

74. STRUJA IZ ŽABLJIH BATAKA.

1791. g. Luidi Galvani, profesor anatomije na Univerzitetu u Bolonji, je napravio javni eksperiment. Bakarnu kuku sa žabljim batakima je zakačio za železne šipke. Bataci su se njihali na vetru povremeno dodirujući šipke. Kadgod se to dogodilo, oba bataka be se zgrčila kao da su živa. Galvani je smatrao da je grčenje nastalo usled struje unutar tela životinje. Mnogi naučnici tog vremena su imali isto mišljenje. Mišljenje Aleksandra Volte je bilo drugačije. On je bio profesor fizike na Univerzitetu u Paviji. On je, takođe, verovao da grčenje uzrokuje struja. Međutim, odbijao je verovati u „životinjsku struju“ i tvrdio je da pokret uzrokuje struja koja dolazi iz direktnog kontakta dva različita metala, željeza i bakra s jedne strane, dok su s druge strane dva metala bila u indirektnom dodiru putem vlažnog tela, koje ne mora biti životinjsko. Sukob između Volte i Galvanijevih pristalica trajao je mnogo godina. Tek 1799. g. Volta je uspio napraviti spravu koja će dokazati njegovu teoriju. Tu ćeš spravu napraviti i sam, ali pre toga se trebaš upoznati sa instrumentom za otkrivanje struje - galvanoskopom.

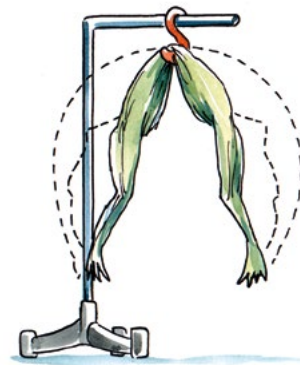


Fig. 74

75. GALVANOSKOP.

Galvanoskop je sastoji iz tri dela: kompas (K), podloge (P), kalema (T). Pored plavo-crvene igle kompas još ima i žutu. Kada ga koristiš stavi kompas i podlogu u kalem i okreći podlogu sve dok vrh žute igle ne pokaže 0. Pazi da u neposrednoj blizini galvanoskopa ili drugog železnog predmeta.

Potreban materijal: 1, 34.

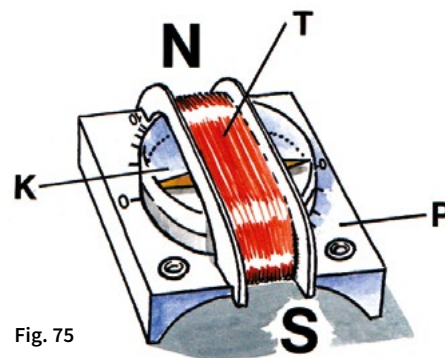


Fig. 75

76. VOLTINO OTKRICE.

Protrljaj pločice cinka (Zn) i bakra (Cu) iz seta finim brusnim papirom, obriši ih i pomoću dve žice ih poveži sa galvanoskopom, kao što je pokazano na sl. 76. Žuta igla na galvanoskopu bi trebala biti na nuli. Uradi sledeće eksperimente:

1. Između dve pločice umetni papirić. Pokazivač na galvanoskopu se neće pomeriti.
2. Papir između pločica potopi u običnu vodu. Pokazivač na galvanoskopu će se pomeriti pokazujući da na galvanoskop prolazi struja.
3. Sada zameni polove (npr. žicu pripočanu za pločicu od cinka sada povedi sa bakarnom i obrnuto). Opet će se pokazivač galvanoskopa pomeriti ali u suprotnom smeru.
4. Čvrsto pritisni pločice jednu uz drugu. Ovog puta će se defleksija pokazivača povećati.
5. Smanji veličinu pločica- defleksija pokazivača će se smanjiti.

Voltin eksperiment se malo razlikuje od ovog koji smo uradili. U njegovo doba nije bilo galvanoskopa, koji bi otkrio protok struje. Volta je prisustvo struje dokazao tzv. voltinim stubom. Napravio je stub od diskova od cinka i bakra, a između njih je bila mokra tkanina. Redao je diskove naizmenično, cink pa bakar, i naredao ih 60. Na ovom stubu dva različita metala su ostvarila kontakt putem tečnosti iz tkanine između njih. Volta je shvatio da je ovakav kontakt proizveo struju. Ovaj jednostavni izum (baterija) je prva sprava koju je napravio čovjek da bi proizveo struju, a Volti je donio vječnu slavu u domenu nauke. Njemu u čast je jedinica voltaže nazvana „volt“, dok je odgovarajući merni instrument poznat kao „voltmetar“. Par pločica sa početka ovog eksperimenta se zove Voltina ćelija.

Potreban materijal: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, papir, voda.

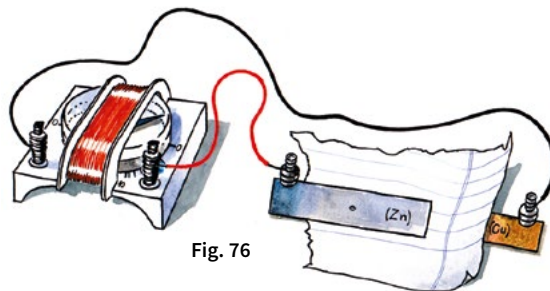


Fig. 76

77. ĆELIJA OD BAKRA, CINKA I RASTVORA SOLI.

Umoci bakarnu i cinkovu pločicu u čašu sa slanom vodom i poveži ih pomoću dve žice sa galvanoskopom. Pokazivač na galvanoskopu će pokazati poveliku disleksiju pokazujući tako protok struje.

Potreban materijal: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, čaša sa vodom, so.

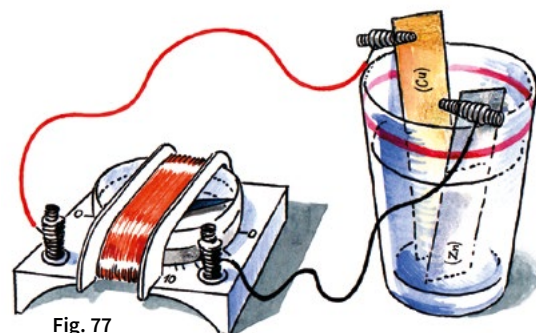


Fig. 77

78. POLARIZACIJA I DEPOLARIZACIJA.

1. Prikopčaj ćeliju cinka, bakra i slanog rastvora sa galvanoskopom kao u eksperimentu br. 77. Sada pažljivo prati pokazivač galvanoskopa. Prvo će skrenuti pokazujući nastanak struje u ćeliji, ali će se potom polako vratiti u nulti položaj. Ovo se očigledno dešava zbog slabljenja struje. Ako se doda so, struja će ojačati, ali ne zadugo. Zbog čega struja slabi? Mjehurići hidrogena, nastali rastvaranjem soli, se nakupljaju na bakarnoj pločici i ometaju proces koji se odvija u ćeliji. Ova pojava se zove polarizacija.

2. Ako ukloniš nakupljene mehuriće hidrogena štapićem ili komadom tkanine, ćelija će nastaviti da stvara struju.

3. Zatim, odaspi malo rastvora i ćeliju napuni finim, čistim peskom. Ćelija će nastaviti da proizvodi struju na malo duže vreme. Ovo se dešava zbog toga što se mehurići hidrogena kombinuju sa kiseonikom iz vazduha i vode, vazduhom među zrnima peska. Tako je polarizacija onemogućena, a pesak služi kao depolarizator.

Potreban materijal: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, čaša sa vodom, so pesak.

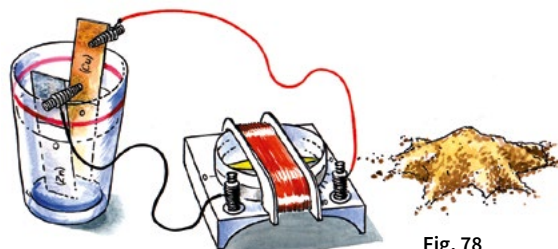


Fig. 78

79. LEKLANŠEOVA ČELIJA.

9V baterija ima 6 Leklanševih ćelija, u kojima cink označava negativan pol, karbon pozitivan, a manganov oksid je depolarizator. Elektrolit (tečnost između polova) je rastvor sal amonijaka u omeru 1.3. Tečnost je pomešana sa nekom čvrstom supstancom koja je sprečava da bude tečna. To je tzv. suva ćelija.

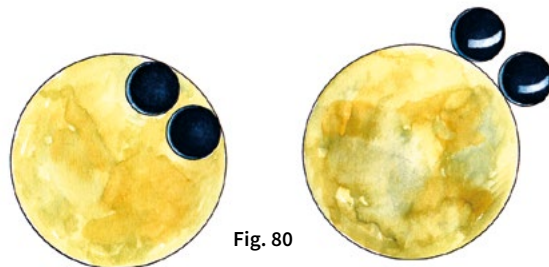


Fig. 80

80. PROCES STVARANJA STRUJE U ČELIJI.

Pod uticajem električnih sila među tečnostima (elektrolitom) i metalima (polovima), metali otpuštaju pozitivne jone. Ovo rezultira viškom elektrona koji se nakupljaju na metalima, npr. na pločici od cinka. Ako sada spojiš cink i karbon (ili bakar, kao u prethodnom eksperimentu) sa vanjskim provodnikom, elektroni će preći sa pločice, gde ih je mnogo manje. Ovakvo kretanje elektrona stvara struju. A šta su joni?

Kao što znaš, stvari se satoje iz molekula i atoma, a atomi, opet, iz nukleusa oko kojeg kruže elektroni. Svaki atom ima određen broj elektrona. Međutim, ponekad atom ili grupa atoma može izgubiti nekoliko elektrona, pa postane jon. Isto se dešava ako atom ili grupa atoma ima više elektrona nego što treba da ima. U prvom slučaju jon je pozitivan, a u drugom negativan.

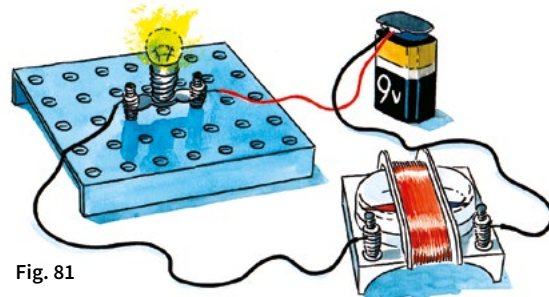


Fig. 81

81. STRUJNO KOLO.

Slika 81 predstavlja strujno kolo baterije, sijalice, galvanoskopa i odgovarajuće diće kojom su spojeni. U ovom slučaju struja ide iz baterije ka sijalici, od sijalice ka galvanoskopu i na kraju iz galvanoskopa u bateriju. Sve dok postoji protok struje sijalica svijetli, a kazaljka na galvanoskopu se deflektuje (pomera). Međutim, ako se kolo prekine, protok struje će stati, jer je moguće samo u zatvorenom kolu.

Potreban materijal: 1, 4 x 7, 8, 14, 33, 34, 35, baterija.

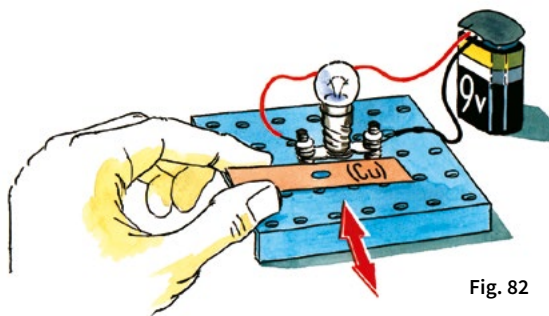


Fig. 82

82. KRATAK SPOJ.

Sijalicom i baterijom zatvori strujno kolo, kao na sl.82. Sijalica će da svetli, ali čim bakarnom pločicom ili bilo kojim drugim metalom dodirneš oba pola na bateriji, sijalica se ugasi. Ova pojava se zove kratak spoj. Praćena je brzim pražnjenjem baterije zbog veoma jakog protoka struje bez ikakvog otpora (mosta za kratki spoj) od negativnog ka pozitivnom polu baterije. Da bismo bateriji obezbedili dug vek trajanja, trebamo izbegavati kratak spoj.

Potreban materijal: 2 x 7, 8, 14, 24, 33, 35, baterija.



Fig. 83

83. OSIGURAČ.

Glavni vod u domaćinstvu je na 230V. Da bismo sprečili štetu uzrokovanu kratkim spojem, električni vodovi imaju ugrađene osigurače. Smešteni su iznad strujomjera i mogu biti elektromagnetne ili termalne osnove. U ovom slučaju, u pitanju je termalni. Osigurač (sl.83) se sastoji iz keramičkog cilindra u kojem je tanka žica, koja se u slučaju kratkog spoja pregrijava i topi. Kada se desi kratak spoj prvo treba proveriti osigurač. Razlog zbog kojeg je osigurač pregoreo može biti ili preveliko opterećenje mreže (zbir svih potrošača) ili kratak spoj na jednom od potrošača. Čim se uzrok pregorevanja osigurača otkloni, treba staviti novi osigurač. Zabranjeno je i jako opasno popravljati osigurač tako da se u njega stavi nova žica, kao na sl.83. Ovo može uzrokovati požar ili ozbiljan kvar na električnim instalacijama.

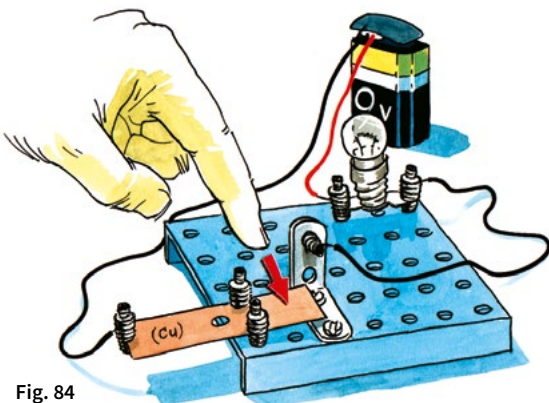


Fig. 84

84. ELEKTRIČNI TASTER.

Sl. 84 prikazuje električni taster i njegovu vezu sa baterijom i sijalicom. Kada pritisneš taster, zatvoriš strujno kolo. Sijalica svetli sve dok je taster pritisnut. Ovakva sprava se ugrađuje u lampe na noćnim ormarićima ili najčešće u električno zvono.

Potreban materijal: 2 x 5, 2 x 6, 6 x 7, 8, 14, 24, 28, 33, 35, baterija.

85. TELEGRAFSKI SISTEM.

Taster iz eksperimenta br. 84 se može upotrebiti u telegrafskom sistemu. Poruke se prenose putem Morzeove azbuke, u vidu dugih i kratkih svetlosnih signala, sl. 85. Prednost telegrafskog sistema je da za prenos signala nije potrebna nikakva žica. Nedostatak je što se može koristiti samo u okviru vidnog polja i da pri dnevnoj svetlosti nije moguće slanje signala. Ako je poruka tajna, koriste se posebni šifrovani signali.

A	· ·	J	· · · ·	S	· · ·	1	· · · · ·
B	· · · ·	K	· · ·	T	-	2	· · · · ·
C	· · · ·	L	· · · ·	U	· · ·	3	· · · · ·
D	· · ·	M	· · ·	V	· · · ·	4	· · · · ·
E	·	N	· ·	W	· · · ·	5	· · · · ·
F	· · · ·	O	· · · ·	X	· · · ·	6	· · · · ·
G	· · ·	P	· · · ·	Y	· · · ·	7	· · · · ·
H	· · · ·	Q	· · · ·	Z	· · · ·	8	· · · · ·
I	· ·	R	· · ·			9	· · · · ·
						0	· · · · ·

Fig. 85

86. PREKIDAČ.

Samo za uređaj u kojem je strujno kolo zatvoreno na kratko, kao u slučaju telegrafa ili električnog zvona, odgovara nam električni taster iz eksperimenta br. 84. Za strujno kolo koje je zatvoreno malo duže potreban nam je prekidač. Princip rada je prikazan na sl. 86. Okrećući ručicu prekidača u levo strujno kolo se zatvori i sijalica svetli sve dok se ručica ne vrati u desno. U slučaju kućnih žičanih prekidača tipka (ručica prekidača), smeštena u izolovano kućište uvek je okrenuta u istu stranu. Metalni delovi prekidača se ne smeju dirati rukom, jer su pod velikom voltažom.

Potreban materijal: 3 x 5, 3 x 6, 4 x 7, 8, 14, 24, 2 x 28, 33, 35, baterija.

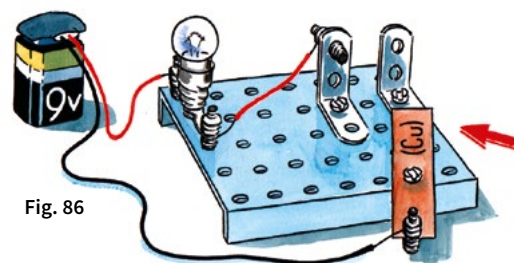


Fig. 86

87. JEDAN PREKIDAČ ZA DVIJE SIJALICE.

Jedan isti prekidač se može upotrijebiti da se upali ili ugasi nekoliko sijalica. Sl. br. 87 pokazuje dve električne sijalice koje naizmenično napaja jedna baterija. Sličan prekidač bi bio neophodan za tri sijalice, kao npr. u semaforu gde se jedno po jedno pali crveno, žuto pa zeleno svetlo.

Potreban materijal: 3 x 5, 3 x 6, 7 x 7, 8, 2 x 14, 24, 2 x 28, 33, 2 x 35, baterija.

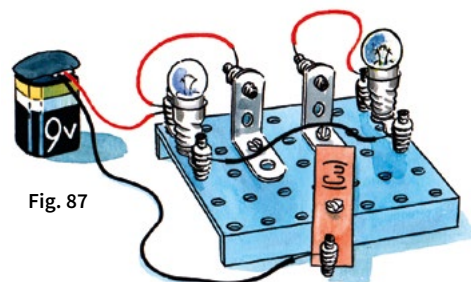


Fig. 87

88. DVA PREKIDAČA ZA JEDNU SIJALICU.

Kakva nam je instalacija neophodna ako na sredini stepeništa imamo jednu sijalicu, a želimo i da upalimo i ugasio i na spratu i u prizemlju?

Za ovu svrhu su nam potrebni: dva prekidača, jedna sijalica, izvor struje (u tvom slučaju baterija) i odgovarajuća žica za povezivanje. Delovi iz seta su dovoljni da se naprave dva prekidača smeštena na dva kraja plastične podloge. Sl. 88 pokazuje njihovu međusobnu povezanost kao i vezu sa sijalicom i baterijom. Oba prekidača se mogu koristiti i za paljenje i za gašenje svetla. Osim toga, sijalicu možeš uključiti jednim, a isključiti drugim prekidačem.

Potreban materijal: 6 x 5, 6 x 6, 8 x 7, 8, 14, 23, 24, 4 x 28, 33, 35, baterija.

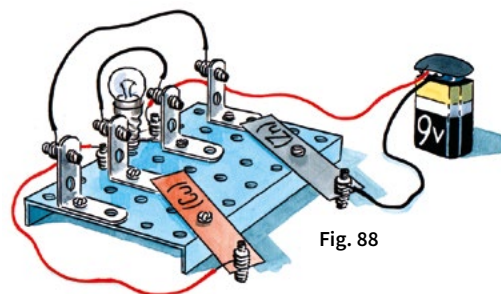


Fig. 88

89. PARALELNO POVEZANE SIJALICE.

1. Spoji tri iste sijalice sa baterijom. Napomena: one će zasvijetliti punom jačinom čim se strujno kolo zatvori. Kolika je iskorištena snaga? Voltaža baterije iznosi 9V. Svaka sijalica koristi 0,05A.

Električna snaga je $P = 9V \times (3 \times 0,05A) = 1,35W$

2. Izvni jednu od tri sijalice; preostale dve će i dalje svetleti. Paralelni tip spajanja se koristi u kućnim instalacijama.

Potreban materijal: 6 x 7, 8, 3 x 14, 33, 3 x 35, baterija.

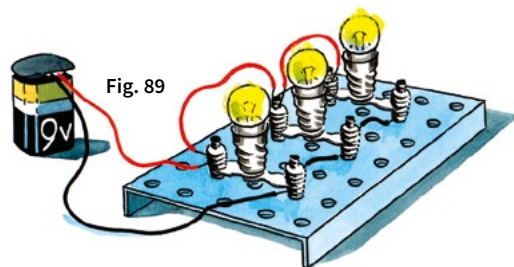


Fig. 89

90. SIJALICE POVEZANE SERIJSKI.

1. Poveži seriju od tri sijalice sa baterijom. Samo jedna sijalica će svetleti punom snagom, dve sijalice povezane serijski (npr. jedna za drugom) će svetleti mnogo slabije, dok će se svetlost tri sijalice povezane serijski jedva primetiti. U prvom slučaju voltaža baterije je 9V, a struja u sijalici 0,05A. Za dve sijalice povezane serijski potrebna je voltaža 2x veća, a za tri sijalice 3x veća u odnosu na onu koja je potrebna za samo jednu sijalicu.

2. Izvni jednu sijalicu povezanu serijski i videćeš da će se i ostale ugastiti jer je strujno kolo prekinuto.

Potreban materijal: (89).

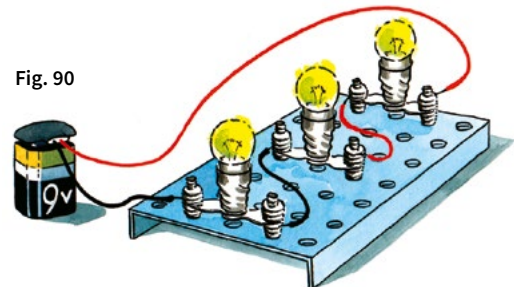


Fig. 90

91. POVEĆAVANJE VOLTAŽE BATERIJE.

1. U eksperimentu br. 72 je objašnjena unutrašnjost baterije. Možda se sjećaš da se ona sastoji iz 6 ćelija u kojima karbonski štapići funkcionišu kao pozitivne elektrode, dok posudice od cinka i elektrolit (rastvor sal amonijuma) funkcionišu kao negativne elektrode. Manganov oksid je depolarizator. Ove ćelije su povezane serijski. Voltaža svakog pojedinačnog elementa je 1,5V, pa je voltaža cele baterije $6 \times 1,5V = 9V$ (Sl. 91 levo).

2. Kada se dve baterije povežu serijski, kao na sl. 91 desno, voltaža nove baterije je $2 \times 9V = 18V$.

Potreban materijal: dve baterije.

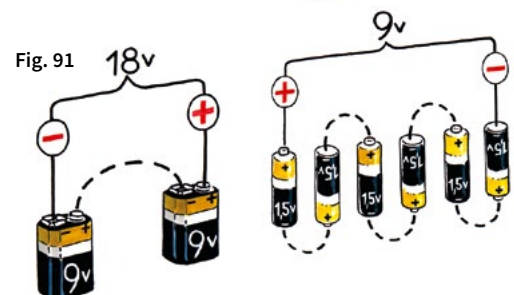


Fig. 91

92. POVEĆANJE SNAGE BATERIJE.

Kupi novu ispravnu bateriju, to će biti dovoljno struje za tri sijalice, a svaka troši 0,05A. Ako je potreban jači izvor struje, onda se baterije povezuju paralelno, kao na sl. 92. Iako je voltaža svake baterije 9V, ukupna voltaža neće biti veća, a s druge strane amperaža tj. kapacitet paralelno povezanih baterija će se povećati.

Potreban materijal: 33, tri baterije.

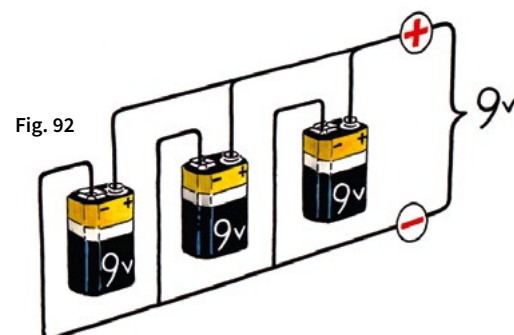
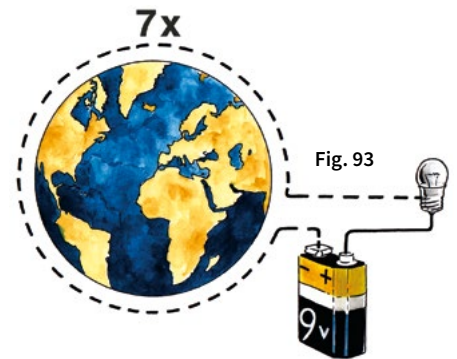


Fig. 92

93. BRZINA STRUJE.

Jedan električni signal obiđe Zemlju 7 puta u sekundi- stoga je brzina struje 300 000km/s. (eksperiment prikazan na sl. 93 je zapravo neupotrebljiv. Slika samo treba da ti pomogne da shvatiš brzinu struje).



94. ISPITIVANJE PROVODLJIVOSTI.

Delovima iz seta napravi ispitivač provodljivosti za ispitivanje različitih materijala (sl. 94).

1. Grubo ispitivanje: Na ispitivač postavi predmet koji testiraš tako da dodiruje obje pločice, jer je samo tada strujno kolo zatvoreno. Ako sijalica zasvetli, predmet koji ispituješ je provodnik. Pokušaj npr. sa olovkom, kartonom, reostatom iz seta. Kada koristiš ove predmete sijalica ne svetli, što te navodi da zaključiš da su ti predmeti izolatori. Ipak, to nije sasvim istina. Npr. eksperiment br. 18 je dokazao da se napunjeni elektroskop može isprazniti pomoću olovke.

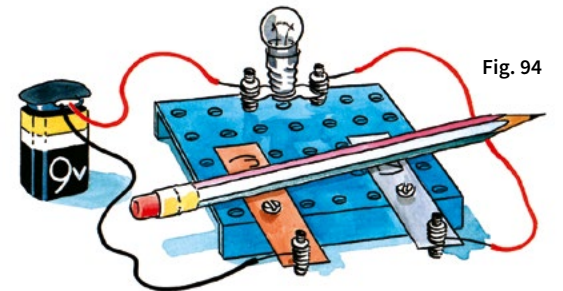
Kako se može objasniti ovakav paradoks? Kao što znaš voltaža iznosi 9V, dok u eksperimentu br. 18 ona iznosi više stotina volti. Činjenica da su predmeti provodnici ili izolatori ne zavisi samo od sastava tog predmeta, nego i od voltaže struje. Stoga se može reći da ne postoje savršeni provodnici i izolatori nego samo dobri provodnici i dobri izolatori. Neki od dobrih provodnika su npr. srebro, bakar, aluminijum, dok su dobri izolatori staklo, guma, porculan, poli-etilen itd.

2. Sijalicu iz predhodno opisanog testera zameni galvanoskopom. Ponovo ispitaj provodljivost žice reostata i kazaljka na galvanoskopu će deflektovati, što znači da je ta žica provodnik, iako ne tako dobar kao bakarna žica.

3. Zatim testiraj provodljivost krompira. Prepolovi veliki krompir i jednu njegovu polovinu stavi na metalnu pločicu testera. Sijalica se najverovatnije neće upaliti ali će kazaljka galvanoskopa deflektovati dokazujući da kroz krompir prolazi struja; što je kontaktna površina veća, veća je provodljivost.

Ni u kom slučaju ne diraj prekinute žice bilo da su dio glavnog voda ili PTT mreže. Naročito je opasno dirati provodnike mokrom rukom ili drugim mokrim predmetom.

Potreban materijal: 2 x 5, 2 x 6, 4 x 7, 8, 14, 23, 24, 33, 35, baterija, različiti predmeti.



95. OTPOR PROVODNIKA.

1. Uzmi električnu sijalicu, kalem i bateriju da zatvoriš strujno kolo, kao na sl. 95. Sijalica će svetliti jako slabo. Jasno je da manje struje prolazi kroz dugu i tanku žicu kalema nego kroz deblju i kraću. Kada se kalem iskopča iz strujnog kola, sijalica svetli punom snagom. Provodnik struji pruža otpor. Sličan eksperiment uradi sa galvanoskopom i rotorom kalema.

2. Spoji sijalicu, kalem i bateriju da zatvoriš strujno kolo. Sijalica svetli jako slabo, ali sad se trebaš usredsrediti na jednu posebnu pojavu. Prekini strujno kolo i sijalica će se ugasi. Hoće li sijalica ponovo zasvetleti kada se strujno kolo opet zatvori? Eksperiment će ti pokazati da neće zasijati odmah jer postoji određen vremenski period između trenutka kada se kolo zatvori i pojave svetla u sijalici. Ovo kašnjenje se dešava zbog jedne posebne osobine kalema koji predstavlja otpor struji i to ne samo zbog dužine žice u kalemu nego više zbog toga što je žica namotana. Zbog toga, prilikom zatvaranja strujnog kola, kalem proizvodi tzv. induktivnu struju koja odoljeva struji iz baterije. Kalem predstavlja induktivni otpor, dok galvanski otpor provodnik.

Potreban materijal: 4 x 7, 8, 11, 14, 33, 35, baterija.

96. REOSTAT.

U setu se nalazi i reostat (otpornik) sastoji se iz jezgra napravljenog od izolacionog materijala oko kojeg je omotana žica, a velikog je električnog otpora. Spoji reostat, sijalicu i bateriju da zatvoriš strujno kolo kao na sl. 96. Pokušaj pomeriti klizeću vezu na reostatu i sijalica će jače i slabije svetliti, zavisno od toga da li se otpornik skraćuje ili produžava.

Potreban materijal: 2 x 5, 2 x 6, 3 x 7, 8, 14, 30, 33, 35, baterija.

97. ELEKTRIČNI GREJAČ.

Da zatvoriš strujno kolo, spoji reostat sa izlaza na bateriji, kao na sl.97. Žica otpornika, kroz koju prolazi struja, se greje. Napravio si grejanje. Većina kućnih aparata radi na ovom principu npr. električni šporet, pegla, bojler, radiator, itd. u svim navedenim aparatima se električna energija pretvara u grejanje.

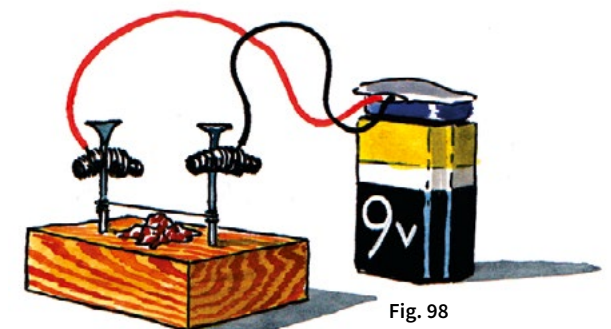
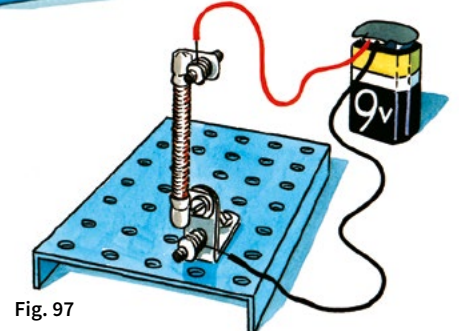
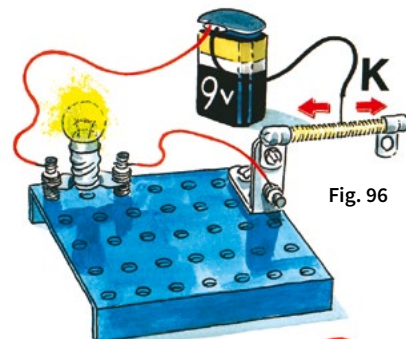
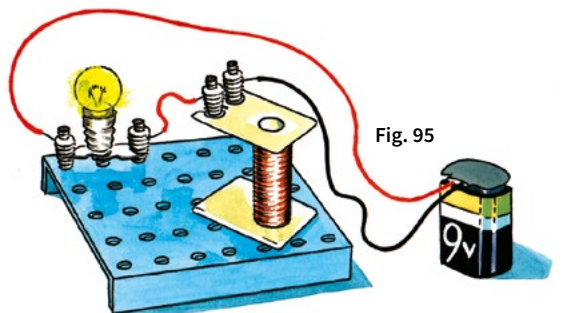
Potreban materijal: 2 x 5, 2 x 6, 2 x 7, 8, 28, 30, 33, baterija.

98. ELEKTRIČNO PALJENJE.

Dva eksera zabodi u manji komad drveta u razmaku od 1cm i poveži ih železnom žicom debljine 0,1mm. Pospi žicu izlomljenim vrhovima šibice i poveži je sa baterijom, ako na sl.98. Komadići šibice će se zapaliti. Zbog uticaja struje žica se toliko ugrijala da je prouzrokovala paljenje fosfora. To je princip eksplozivnog punjenja koje se koristi u rudnicima i kamenolomima.

Napomena: eksperiment uradi na podlozi koja ne može da gori.

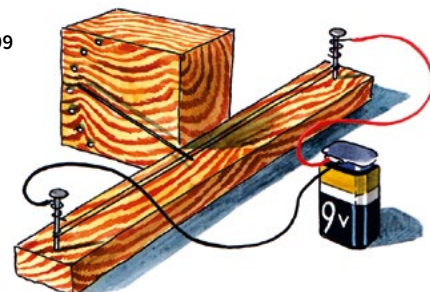
Potreban materijal: 2 x 7, 33, drvena daščica, dva eksera, žica, baterija.



99. AMPERMETAR SA VRUĆOM ŽICOM.

U drvenu dasku dužine 20-25 cm i širine 3cm zabodi dva deblja eksera. Poveži ih duplom postojanom žicom od 0,2mm i pričvrsti pokazivač, koji je zapravo drveni ili papirni štapić, kao na sl.99. Ovo je model ampermetra sa vrućom žicom. Ako su oba kraja žice povezana sa baterijom, kazaljka će se pomeriti, kao što će se i sama žica zagrejati i zategnuti zbog struje. **Potrebna materijal: 33, 37, drvena daščica, dva eksera, štapić, baterija.**

Fig. 99

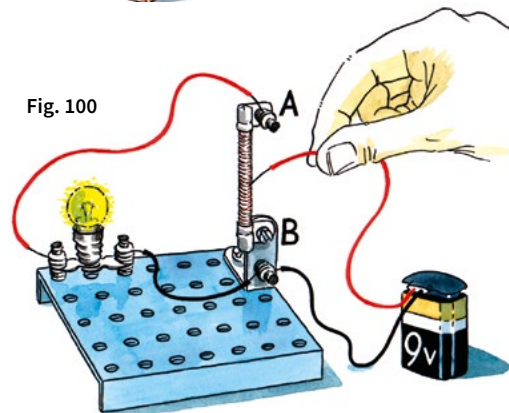


100. POTENCIOMETAR.

Spoji sijalicu, otpornik i bateriju da zatvoriš strujno kolo, kao na sl.100. U ovom slučaju otpornik predstavlja potencijometar. Eksperiment: neka slobodan kraj žice koja ide iz baterije dodiruje potencijometar u tački A. Sijalica će sijati punom snagom. Zatim polako pomeri kontakt iz tačke A u tačku B. Svetlo sijalice će polako slabiti da bi u tački B potpuno nestalo. Voltaža pada zbog otpornika kroz koji prolazi struja. Kako je u tački A sijalica direktno povezana sa baterijom, dobija neredukovanu struju od 9V. Kada se kontakt pomeri ka tački B, voltaža slabi jer se otpor povećava. Na pola puta od A do B voltaža je 4,5V, dok u tački B voltaža nestaje a sijalica se gasi.

Potrebna materijal: 5, 6, 4 x 7, 8, 14, 28, 30, 33, 35, baterija.

Fig. 100



101. OMOV ZAKON.

Poveži tri baterije serijski, kako je opisano u eksperimentu br. 91. Zatim, taj izvor voltaže poveži sa sijalicom kao na sl.101. Kada se koristi jedna ćelija (1,5V), sijalica ne svetli: sa dve ćelije voltaža se povećava na 3V (1,5Vx2), pa sijalica slabo svetli. Kada se upotrijebe tri ćelije, sijalica gori jako jer je voltaža veća (1,5Vx3=4,5V). Možemo ići tako sve do 8 baterija (8x1,5V=12V) jer je sijalica predviđena da radi na 12V. Iz ovog eksperimenta možeš zaključiti da se snaga ćelije (amperaža) povećava sa povećanjem voltaže. Osim toga, eksperiment br. 96 nas je naučio da što je slabiji otpor provodnika, to je jača struja, i obrnuto. Stoga su struja, voltaža i otpor u međusobnom odnosu, koji je formulisao Omovim zakonom i koji kaže: što je veća voltaža a manji otpor, to je struja jača. Ako su struja, voltaža i otpor označeni međunarodnim simbolima, gde je:

I = struja (meri se amperima - A)

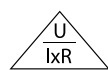
U = voltaža (meri se voltima - V)

R = otpor (meri se omima - Ω)

onda proizilazi formula:

$$I = U / R$$

Jednostavan način da zapamtiš Omov zakon je da se koristiš dijagramom Omovog zakona.



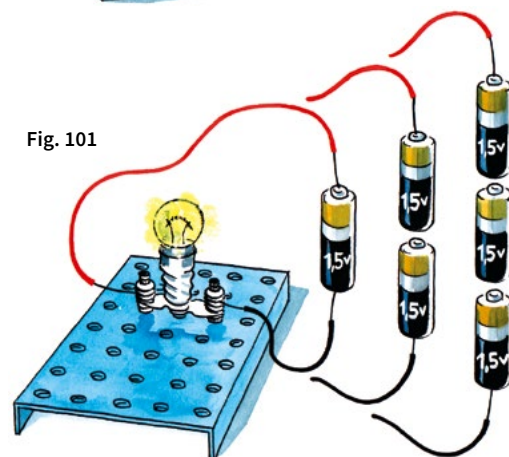
Da odrediš vrednost nepoznate osobine, pokrij prstom odgovarajuću oznaku, a ostale oznake će ti pokazati da li ih treba množiti ili deliti. $I = U/R$

$$U = I \times R$$

$$R = U/I$$

Potrebna materijal: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, tri baterije.

Fig. 101



102. ELEKTRIČNI LUK.

Zasilji dva karbonska štapića i spoji ih sa baterijom, kao na sl.102. Neka se vrhovi štapića dodiruju, a onda ih lagano razdvoji. Primećuješ mali ali sjajan električni luk koji se diže između vrhova. Koristeći dve ili više baterija isti eksperiment ponovi pod vodom. Ovaj električni luk se nekada koristio kao izvor svetlosti u filmskim projektorima i primjena se proširila i do sistema javne rasvete.

Potrebna materijal: 33, dva karbonska štapića, baterija.

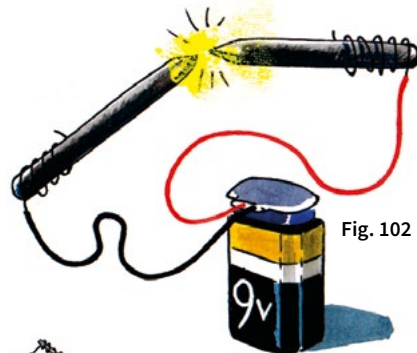


Fig. 102

103. TERMOELEKTRIČNA BATERIJA.

Komad postojeće žice debljine 0,2mm pričvrsti za oba kraja željezne žice dužine 12-13cm i jednu poveži sa galvanoskopom, kao na sl.103. Čim se kazaljka na galvanoskopu umiri (žuta pokazuje nulu), zapali šibicu i zagrij jedan od dva spoja. Kazaljka će se pomeriti. Ova kombinacija dva različita metala, nazvana termoelektrična baterija, ima široku upotrebu u tehnici, naročito pri merenju temperature u železnim predmetima, proizvodnji keramičkih predmeta, itd.

Potrebna materijal: 1, 2 x 7, 9, 34, 37, šibice.

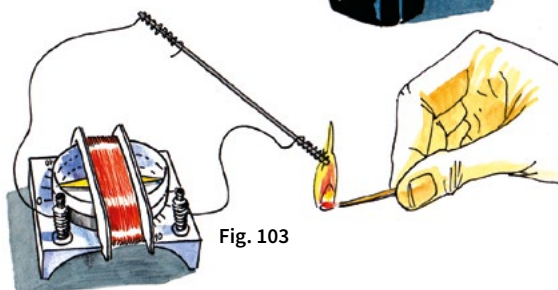


Fig. 103

104. BIMETALNA TRAKA.

Listić železa, 10x1cm, stavi preko listića od cinka ali aluminijuma iste veličine i učvrsti ih. Ako sada, držeći jedan kraj pincetom, bimetalnu trakicu počneš zagrevati, ona će uvijanjem reagovati na varijacije temperature. Ovo se dešava jer cink ima veći koeficijent toplotnog širenja od železa.

Bimetalne trakice se koriste u termostatima. To je električna sprava koja pri određenoj temperaturi prekida strujno kolo, ali čim temperatura padne (ili poraste), termostat ponovo zatvara strujno kolo (sl.104). Na ovaj način se održava zadata temperatura u frižideru, šporetu, bojleru...

Potrebna materijal: list od železa, list od cinka, nitna.

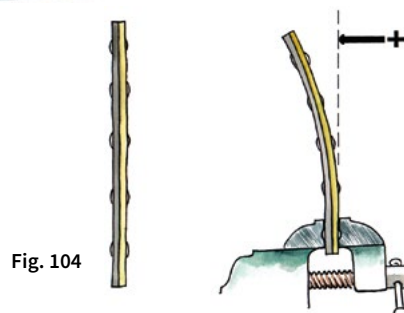


Fig. 104

105. MERENJE OTPORA.

Merenje otpora se vrši instrumentom koji se zove Vitstonov most, prikazan na sl.105. Pravi se na sledeći način:

1. dva eksera ukucaj u razdaljini od 50cm u drvenu daskudugu 60, a široku 8cm. Eksere poveži postojanom žicom, a njena oba kraja za galvanoskopčija je žuta kazaljka na 0.
2. Ostali elementi Vitstonovog mosta su: otpornik (u set pod br.33) sa otporom od 70 Ω, kalem, čiji ćemo otpor izmeriti, i baterija. Ovi su delovi povezani kao na slici.
3. Dodirni žicu otpornika čiji kontakt vodi iz baterije i kazaljka galvanoskopa će deflektovati. Ipak, ona će se pomeriti i ako na bilo kojem drugom mestu dodirneš žicu otpornika izuzev na prvom. Ovu tačku zapamti i obeleži „C“. Recimo da je baš u ovoj tački otpornik podeljen na dva dela nejednake dužine, koje smo obeležili sa „d1“ i „d2“. Ove dve dužine se mogu izmeriti, npr. d1=30cm, a d2=20cm. Otpor kalema se može odrediti pomoću sledeće formule:

$$X = R \times d1/d2$$

$$X = 70 \times 30/20$$

$$X = 105 \Omega$$

Stoga je otpor kalema u našem slučaju 105Ω. potpuno objašnjenje ove formule se može naći u bilo kojem, priručniku iz fizike.

Potreban materijal: 1, 6 x 7, 11, 30, 33, 34, 37, baterija, dva eksera, drvena daska.

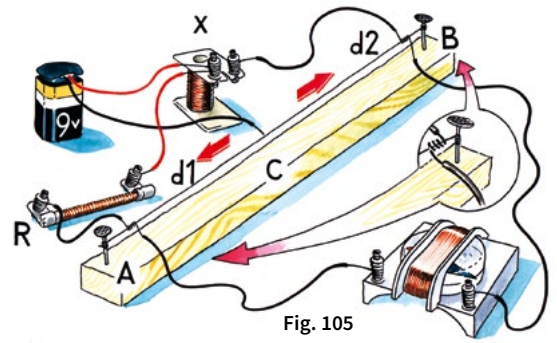


Fig. 105

106. ODNOS TEMPERATURE I OTPORA PROVODNE ŽICE

1. U malu drvenu dasku ukucaj dva eksera, pa ih poveži komadom železne žice od 0,1mm debljine koju si uvrnuo u spiralu. Poveži spiralu, sijalicu i bateriju da zatvoriš strujno kolo, kao na sl.106. Čim se kolo zatvori, sijalica zasvetli, ali ako se spirala zagreje, svetlo se gasi - dokaz da se otpor železne žice povećava sa visokom temperaturom.

2. Ponovi ovaj eksperiment koristeći postojanu spiralu iste veličine. Uprkos povećanju temperature, otpor ove žice se nije promenio.

Potreban materijal: 4 x 7, 14, 33, 35, drvena daska, dva eksera, železna žica, sveća, baterija.

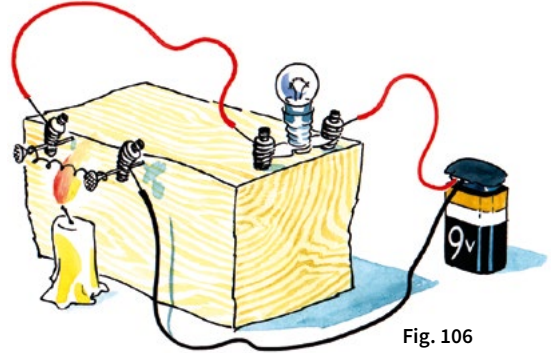


Fig. 106

ELEKTROMAGNETIZAM

107. STVARANJE ELEKTROMAGNETA.

Oko železne šipke iz seta 20-30 puta omotaj izoliranu bakarnu žicu. Zbog boljeg kontakta skini izolaciju sa krajeva žice. Slobodne krajeve poveži sa baterijom i šipku uroni u sitne komadiće železa. Čim se strujno kolo zatvori, šipka postane magnet. Prekineš li strujno kolo, šipka gubi namagnetisanost. Ovako je stvoren elektromagnet.

Upozorenje! Baterija može izazvati kratak spoj. Neka baterija bude povezana na kratko, samo toliko koliko ti je potrebno da shvatiš eksperiment. Pazi da ne opržiš prste.

Potreban materijal: 3, 2 x 7, 9, 33, 36, baterija.

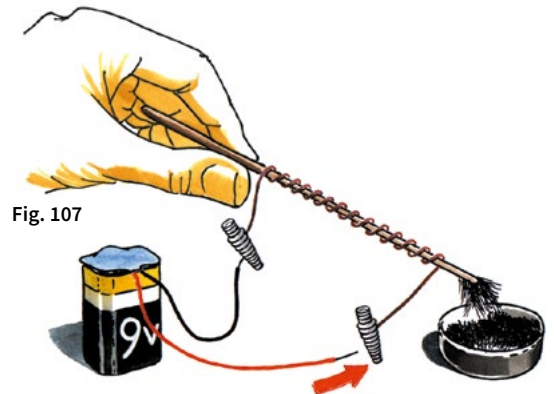


Fig. 107

108. ERSTEDOVO OTKRIĆE.

Kao i mnoga druga tako je i otkriće elektromagneta bilo sasvim slučajno. Danski naučnik Hans Kristijan Ersted je uočio da, ako se žica, kroz koju prolazi struja, postavi paralelno sa iglom kompasu, igla deflektuje. Ponovi ovaj eksperiment na sledeći način: iznad igle kompasu drži žicu, čiji su krajevi vezani za izlaze na bateriji. Igla će se pokrenuti i ostati u tom položaju dokle god je strujno kolo zatvoreno. Čim se kolo prekine, igla kompasu se vraća u početni položaj. Zamenimo li spojeve na izlazima baterije, igla će deflektovati, ali u suprotnom smeru.

Upozorenje! Baterija može izazvati kratak spoj. Neka baterija bude povezana na kratko, samo toliko koliko ti je potrebno da shvatiš eksperiment. Pazi da ne opržiš prste.

Potreban materijal: 33, 34, baterija.

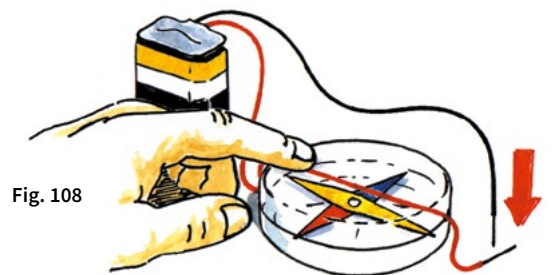


Fig. 108

109. ZBRAJANJE MAGNETNIH POLJA.

Izolovanom žicom nekoliko puta omotaj kompas i nakon svakog namotaj poveži sa baterijom. Više namotaja, veća defleksija igle kompasu. Očito se oko svakog namotaja formira magnetno polje i rezultira magnetnim poljem oko solenoida (kalema), što je zbir svih pojedinačnih magnetnih polja.

Ovakav princip se primenjuje u tvom galvanoskopu i svim drugim elektromagnetima. Upozorenje! Baterija može izazvati kratak spoj. Neka baterija bude povezana na kratko, samo toliko koliko ti je potrebno da shvatiš eksperiment. Pazi da ne opržiš prste.

Potreban materijal: 2 x 7, 33, 34, 36, baterija.

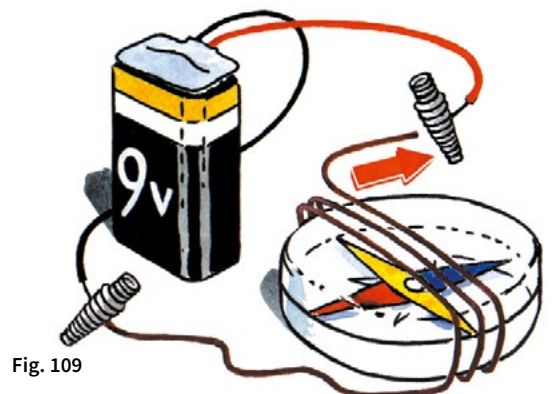


Fig. 109

110. MAGNETNO POLJE OKO PROVODNIKA KROZ KOJI PROLAZI STRUJA.

1. Provući komad bakarne žice kroz centar većeg kartona, kao na sl.110. Oba kraja žice poveži sa baterijom i, koristeći kompas, proveriti magnetno polje provodnika. Tvoj je zadatak da otkriješ obim i snagu magnetnog polja. Eksperiment se radi putem stalnog zatvaranja i prekidanja strujnog kola pri čemu treba pažljivo pratiti iglu kompasu koja deflektuje u različitim smerovima.

2. Drugi način prikazivanja magnetnog polja je da svuda oko žice koja je provučena kroz karton pospeš sitne komadiće železa. Lagano protresi karton i komadići će formirati koncentrične krugove.

Upozorenje! Baterija može izazvati kratak spoj. Neka baterija bude povezana na kratko, samo toliko koliko ti je potrebno da shvatiš eksperiment. Pazi da ne opržiš prste.

Potreban materijal: 3, 34, 36, karton, baterija.

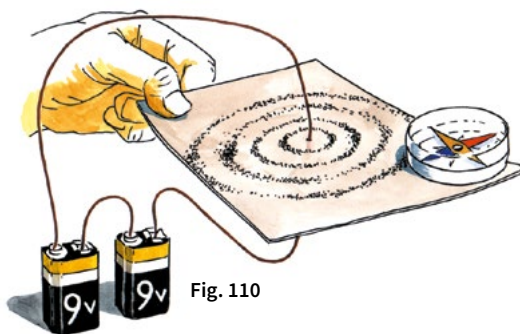


Fig. 110

111. SOLENOID KOJI SE PONAŠA KAO MAGNET.

U setu se nalazi solenoid od 1000 namotaja izolovane žice. Stavi solenoid na oko 2cm od kompasa i, prema sl.111, neka struja krene od baterije kroz namotaje. Čim se kolo zatvori, igla kompasa se pokrene i ostane u tom položaju sve dok struja prolazi kroz solenoid.

Prekini li se strujno kolo, igla se vraća u početni položaj.

Potreban materijal: 2 x 7, 11, 33, 34, baterija.

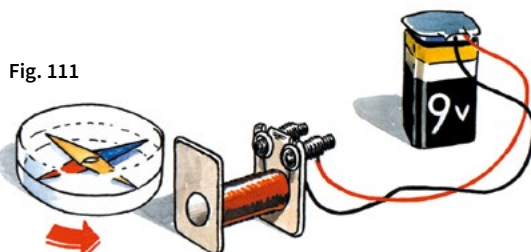


Fig. 111

112. SOLENOID SA ŽELEZNIJEM JEZGROM.

Ponovi prethodni eksperiment i zapamti kretanje igle kompasa. Prekini strujno kolo da možeš umetnuti željezno jezgro (ne magnet) iz seta unutar solenoida. Pri zatvaranju kola, defleksija igle kompasa je uočljivija jer je umetnuto željezno jezgro povećalo magnetnu snagu solenoida.

Potreban materijal: 2 x 7, 11, 16, 33, 34, baterija.

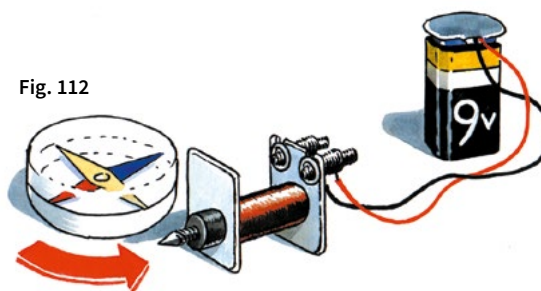


Fig. 112

113. ELEKTROMAGNETNA TRAKA.

Namesti solenoid na željezno jezgro pričvršćeno za plastičnu podlogu i poveži ga sa baterijskim izlazima. Rezultat će biti elektromagnet u obliku trake. Ovakav eksperiment dokazuje da se elektromagnet stvara u trenutku zatvaranja strujnog kola; čim se kolo prekine, magnet gubi snagu i u njemu ostaje samo minimalan trag naelektrisanja.

Potreban materijal: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 33, 34, baterija.

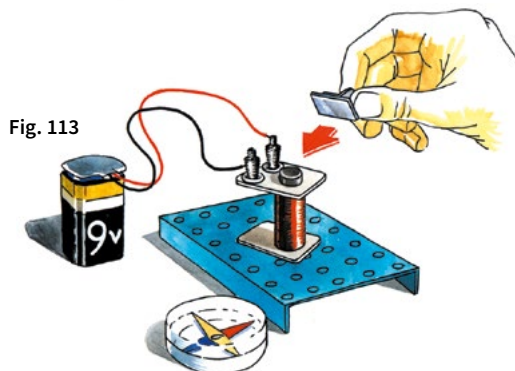


Fig. 113

114. U-ELEKTROMAGNET.

Željezno jezgro postavi na isti način kao u prethodnim eksperimentima na plastičnu podlogu, sl.114. Ovo jezgro služi da drži solenoid povezan sa baterijom. Zatvaranje kola će stvoriti vrlo jak elektromagnet, mnogo jači od onog iz prethodnog eksperimenta iako koristiš istu bateriju i isti solenoid. Dok u prethodnom eksperimentu nije bilo moguće armaturom podići magnet i njegovu osnovu, sada se može podići mnogo veći teret. Zašto se povećala snaga elektromagneta?

Potreban materijal: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, 34, baterija.

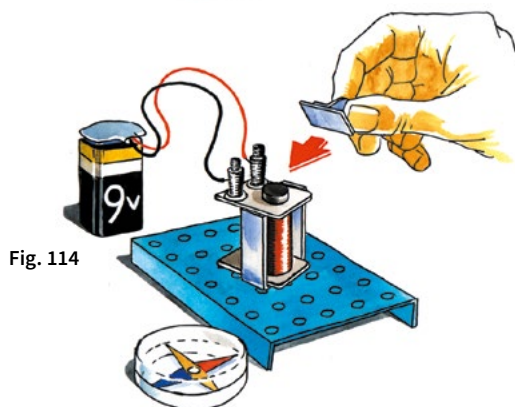


Fig. 114

115. ELEKTROMAGNETNI LIFT.

Kopirajući delove iz seta pokušaj napraviti elektromagnetni lift. Poveži U-elektromagnet iz prethodnog eksperimenta sa izlazima na bateriji, kao na sl.115. Zatim ga stavi u kutiju sa šarafima i pokušaj ih preneti na drugo mesto. Čim se kolo prekine, teret će ispasti.

Potreban materijal: 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 33, željezni predmeti, baterija.

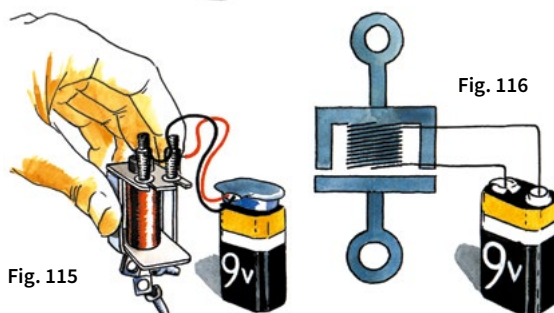


Fig. 115

116. ELEKTROMAGNET U OBLIKU TANJIRA.

Ovaj je eksperiment moguć samo ako ti je dostupna tehnička radionica. Izbuši rupu duboku 30mm sa 9 mm u prečniku u željeznom disku debljine 30mm i prečnika 60mm, i umetni izolovanu žicu debljine 0,3mm namotanu 1000 puta. Provlačeći oba kraja žice kroz izolovane otvore, poveži solenoid sa baterijom. Odgovarajuća armatura je napravljena od željeznog diska debljine 10mm. Iako je povezan samo na bateriju, ovakav elektromagnet može podići oko 150g. Slični magneti se koriste u električnim liftovima koji podižu čak 20 tona i više.

Fig. 116

117. KOJI JE MAGNET JAČI?

Set sadrži dva magneta: trajni, od legure AlNiCo i elektromagnet, koji liči na onaj iz prethodnog eksperimenta. Koji je od ova dva magneta jači? Da bismo odgovorili na ovo pitanje ponovi eksperiment br. 48-b, u kojem je testirana snaga trajnog magneta. Odgovarajući instrument za testiranje je pokazan na sl.117 lijevo. Kartonsku čašu instrumenta napuni sa toliko predmeta koliko magnet može da drži. Ako ovaj isti eksperiment ponoviš sa elektromagnetom (s.117 desno), dokazaćeš da je jači od trajnog magneta.

Potrebni materijal: 6, 2 x 7, 10, 11, 16, 17, 18, 33, karton, konac, baterija.

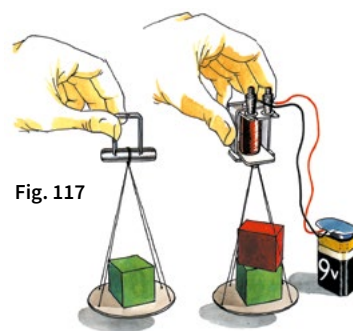


Fig. 117

118. ELEKTROMAGNETNI SPEKTAR.

1. U sredini kartona, veličine razglednice, izreži četvrtast otvor veličine 30x21mm. Tu umetni solenoid iz seta do pola. Poveži ga sa baterijom i pospi sitne komadiće železa po kartonu. Uporedi dobijeni elektromagnetni spektar sa elektromagnetnim spektrom trajnog magneta iz eksperimenta br.40.

2. Ponovi eksperiment tako da u solenoid umetneš železno jezgro.

Potrebni materijal: 3, 2 x 7, 11, 16, 33, karton, baterija.

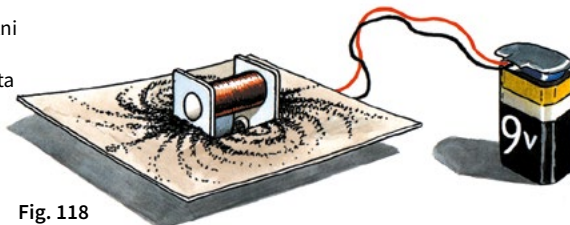


Fig. 118

119. SOLENOID SA EKSEROM.

Poveži solenoid iz seta sa baterijom, kao na sl.119, i kroz otvor u centru žleba umetni ekser srednje veličine. Kada se solenoid podigne, ekser neće ispasti. Zapravo, ekser je izložen silama, jedna od njih je gravitacija a druga magnetizam, koji je evidentno snažniji.

Potrebni materijal: 2 x 7, 11, 33, ekser, baterija.

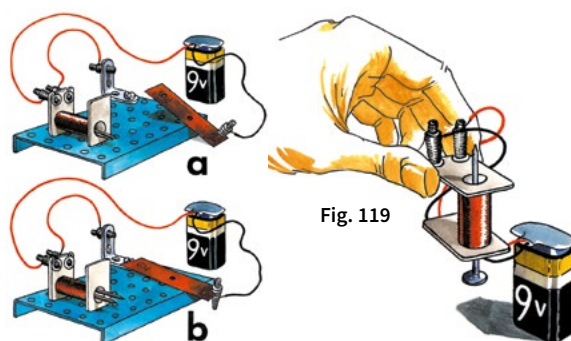


Fig. 119

120. SOLENOID SA DVA EKSERIMA.

Postavi solenoid na plastičnu podlogu, umetni kroz otvor na sredini solenoida dva ekspera bez glave, pa solenoid poveži sa baterijom. Zatvarajući i prekidajući strujno kolo videćeš da se eksperi pomeraju. kada je kolo prekinuto, eksperi će biti u položaju kao na sl.120a; čim se kolo zatvori, pak, eksperi se razdvoje (sl.120b). Razdvajanje nastaje zbog toga što su eksperi jednako namagnetisani (istog su pola), pa se odbijaju.

Potrebni materijal: 5, 6, 4 x 7, 8, 11, 24, 28, 33, dva ekspera, baterija.

Fig. 120

121. SOFT-IRON AMPERMETAR SA TANKIM ŽELEZOM.

Umetni ekser u otvor u sredini solenoida i veži ga koncem ili lastikom, kao na sl.121. Zatim, umetni kazaljku, napravljenu od dva komada tankog železa (ili od stare limenke) veličine 40x5mm i 60x2mm, debljine 0,2-0,4mm i povezana, kao na sl.121. Tanji komad treba biti malo ulevo. Kada solenoid povežeš sa baterijom, ekser i kazaljka će se isto naelektrisati i stalno će se odbijati. Profesionalnim ampermetrom ovaj uređaj kućne izrade se takođe može baždariti i opremiti mernom skalom.

Potrebni materijal: 2 x 7, 11, 33, dva tanka železa, komad drveta, ekser, lastika, baterija.

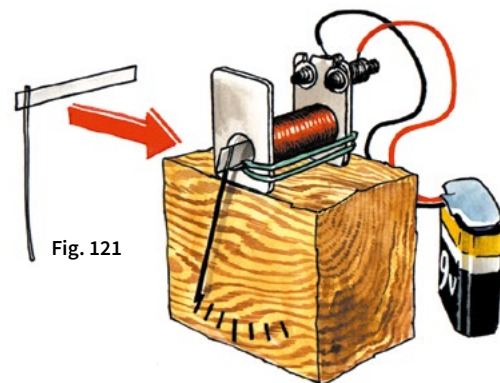


Fig. 121

122. DRUGA VERZIJA AMPERMETRA.

Namotaj postojanu žicu oko železne šipke 20 puta i dobijenu oprugu upotrebi da podupreš železno jezgro. Dio ovog jezgra umetni u solenoid (sl.122) i poveži sa baterijom. Solenoid će privući jezgro, a što je struja jača to će jezgro više tonuti u solenoid. Kada ovoj spravi dodaš kazaljku ili skalu, može služiti i za merenje privlačenja ili jačine struje.

Potrebni materijal: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 2 x 20, 28, 33, 37, baterija.

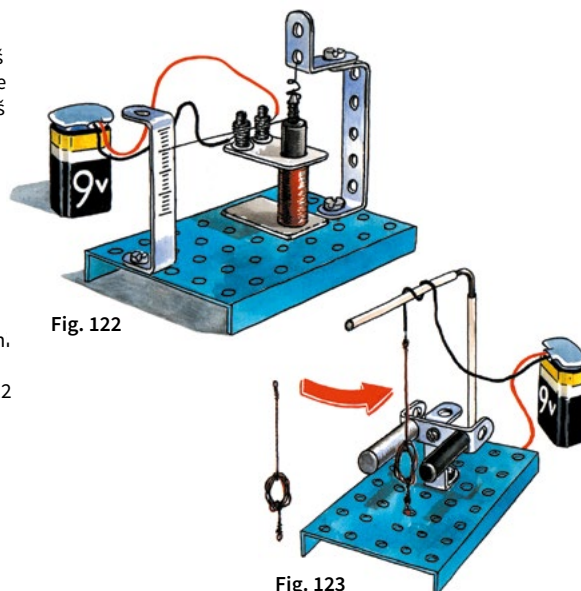


Fig. 122

123. POKRETNI KALEM.

Umetni železni držač vertikalno u plastičnu podlogu, a na nju još jednu horizontalno. Na jedan kraj horizontalnog držača pričvrsti železno jezgro, a na drugi kraj magnet. Napravljen sklop je, zapravo, potkovića sa veoma jakim magnetnim poljem među krakovima. Stavi solenoid od izoliranog bakra debljine 0,16mm u to magnetno polje. Kalem mora imati 10-12 namotaja žice debljine 10mm i biti povezan kao na sl.123 levo. Jedan kraj solenoida vodi papirnim postoljemka pozitivnom izlazu baterije, a drugi vodi postoljemka negativnom (zbog bolje konekcije, skini izolaciju sa oba kraja bakarne žice). Čim se kolo zatvori, solenoid će se okrenuti ili levo ili desno, zavisno od smera struje. Svi precizni električni merni instrumenti rade na ovom principu. Rotaciju solenoida ćemo objasniti u narednom eksperimentu.

Potrebni materijal: (20), 2 x 5, 3 x 6, 10, 16, 2 x 29, 33, 36, baterija.

Fig. 123

124. PROVODNIK U MAGNETNOM POLJU.

Učvrsti železni držač za plastičnu podlogu i zakači i železno jezgro i magnet na njega. Onda uzmi 10cm bakarne žice i držač iz eksperimenta br.20 da sa oko 30 namotaja učvrstiš vijak sa duplim navojem u magnetno polje potkovicice i podesiš kako je opisano. Da bi veza bila bolja, sa oba kraja bakarne žice skini izolaciju.

Čim se strujno kolo zatvori, vijak će se okrenuti ili u levo ili u desno, zavisno od smera struje. Rotacija se javlja zbog interakcije magnetnog polja: jedno jako magnetno polje je stvoreno između oba kraja magnetna, drugo, čim se strujno kolo prekinulo, oko provodnika. Dobro je poznato da se magnetna polja ili privlače ili odbijaju, zavisno da li su ista ili različita. Ovaj eksperiment je jako važan da razumiješ kako radi elektromotor.

Potrebni materijal: (20), 5, 2 x 6, 10, 12, 16, 29, 33, 36, baterija.

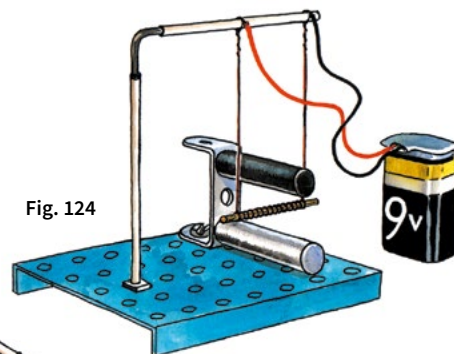


Fig. 124

125. BLOKIRANJE ELEKTROMAGNETA.

Fiksiraj elektromagnet na plastičnu podlogu i uz pomoć stakla iz eksperimenta br.20 pamučnim koncem sveži železni držač (38x12mm) na staklu, tako da bude 1cm udaljen od elektromagneta. Kada je zatvoreno strujno kolo elektromagnet privlači železni držač. Međutim, ako se neki materijal, poput bakarnog lima, lima od cinka, kartona, stakla ili železnog lima, umetne između elektromagneta i držača, uočiš koji materijali ne utiču na magnetno polje, a koji gas, s druge strane, blokiraju.

Potrebni materijal: (20), 5, 2 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 28, 29, 33, konac, baterija.

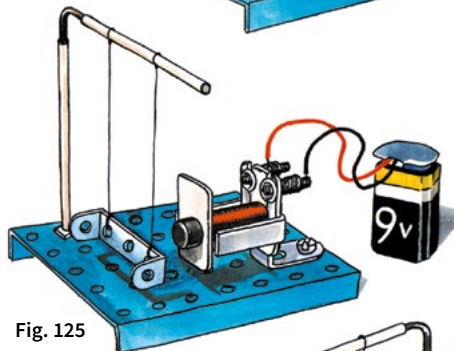


Fig. 125

126. ELEKTROMAGNETNA KOČNICA.

Za držač (vidi eksperiment br.20), pričvršćen na plastičnu podlogu, pamučnim koncem sveži aluminijsko zvonice okrenuto naopako. Ispod postavi elektromagnet. Crticom sa strane označi zvonice. Strujno kolo je i dalje prekinuto, a zvonice uvrni tri puta. Pusti ga i izbroji koliko krugova napravi dok se okreće. Kada se zvonice zaustavi, zatvori strujno kolo i ponovi eksperiment. Uočiš da elektromagnet koči zvonice. Opisana pojava igra važnu ulogu u tehnici.

Potrebni materijal: (20), 6, 2 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 33, konac, baterija.

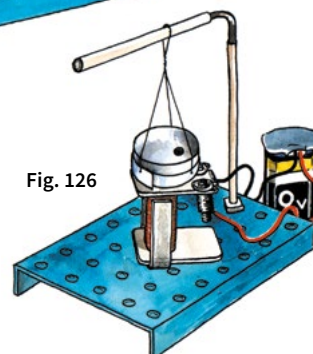


Fig. 126

PRIMENA ELEKTROMAGNETA U TEHNICI

127. MORZEOV TELEGRAM.

Učvrsti magnet, koji se sastoji iz jezgra podignutog maticom, čauru i solenoid za plastičnu podlogu i podesi armaturu tako da je vrlo blizu elektromagneta. To je, u stvari, nosač 60x12mm, fiksiran horizontalno na vertikalni. Sa desne strane mu je dodat ugao 25x25mm koji drži olovku. Pričvrsti prekidač napravljen od bakarne pločice za ugao 25x25mm i oprugama za podlogu (vidi sl.127). Ako ovaj telegraf povežeš sa baterijom i zatvoriš strujno kolo, elektromagnet će privlačiti armaturu.

Čim se kolo prekine, armatura se vraća u prvobitni položaj. U slučaju profesionalnog telegrafa olovka će beležiti tačke i crtice na papirnu traku koja prolazi ispod nje. Tačke i crtice, koje čine Morzeovu azbuku (vidi eksperiment br.85), zavise od toga koliko je dugo strujno kolo zatvoreno.

Potrebni materijal: 5 x 5, 6 x 6, 6 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 24, 2 x 28, 29, 33, baterija, olovka, papir.

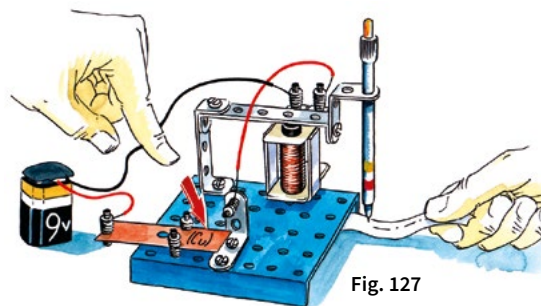


Fig. 127

128. MORZEOV TASTER.

Morze je izumio poseban prekidač koji dozvoljava naizmenično uključivanje i isključivanje dva telegrafa. ovakav taster možeš i sam napraviti. Upotrijebi bakarnu pločicu, dva ugla 25x25mm i opruge. Sve to pričvrsti za plastičnu podlogu. Dva ugla zajedno sa šarafima predstavljaju desni i levi kontakt (sl.128). Morzeov taster ima tri napajanja, središnji funkcioniše kao uobičajeno napajanje. Međutim, ako polugu pomeriš u jednu ili drugu stranu, struja će proći preko desnog ili levog spoja. Rad Morzeovog tastera se najbolje objašnjava putem međusobne povezanosti. dva telegrafa.

Potrebni materijal: 7 x 5, 8 x 6, 7 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 23, 3 x 28, 29, 33, baterija.

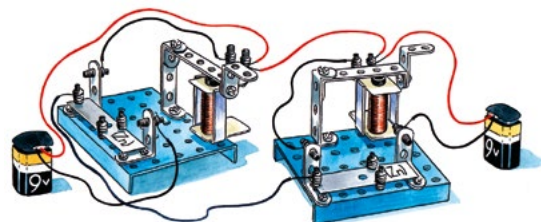


Fig. 128

129. CRTEŽI STRUJNOG KOLA.

Na sl.129 je crtež strujnog kola dva Morzeova telegrafa i dva Morzeova tastera. Značenje slova:

T = Morzeov telegraf

B = baterija

K = Morzeov taster

Z = uzemljenje

Ovaj se metod koristi za međusobno povezivanje dve železničke stanice. Ako imaš dva seta „Edison Jr“ možeš pratiti crtež. Dva telegrafa smesti u dvije različite prostorije, poveži ih sa dvije žice i moći ćeš koristiti telegraf. U slučaju Morzeovog železničkog telegrafa koristi se samo jedna žica, dok je drugu zamenilo tlo; tlo ostvaruje kontakt sa dve metalne pločice skrivene u zemlji. Današnji su telefoni, faxovi i elektronska pošta zamenili telegraf.

Potrebni materijal: dva Morzeova telegrafa, dve baterije.

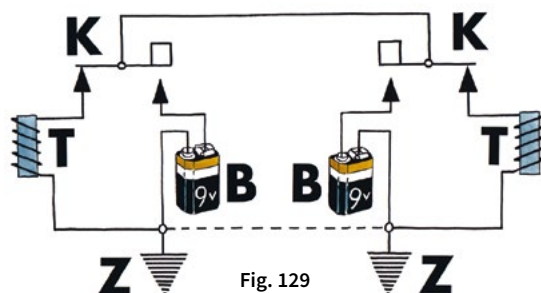


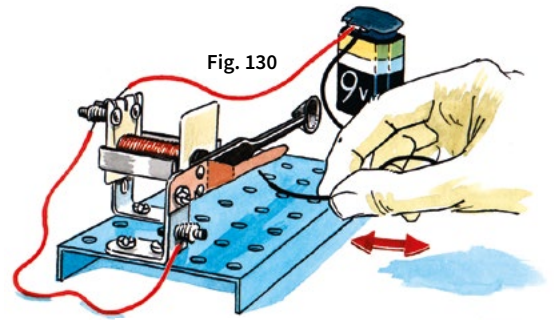
Fig. 129

130. VAGNEROV ČEKIĆ.

Naučnik Wagner je otkrio električni uređaj koji automatski zatvara i prekida strujno kolo. Poznat je kao Wagnerov čekić i često se koristi u tehnici. Pokušaj ga napraviti na sledeći način: učvrsti elektromagnet za plastičnu podlogu koristeći ugao 25x25mm. Na oko 2-3 mm od elektromagneta za drugi ugao zakači mali čekić zvona. Struja treba da poteče iz baterije, preko žice u tvojoj ruci ka čekiću, odatle do ugla, a onda preko žice koja spaja ka solenoidu i nazad do baterije.

Čim se strujno kolo zatvori, čekić će početi da vibrira i tako će zatvarati strujno kolo. U trenutku kada ga elektromagnet privuče, čekić će se odvojiti od spojeva i prekinuti kolo. Kao posledica toga elektromagnet će prestati da radi, dok će se čekić, zbog opruge, vratiti u prvobitni položaj i ponovo zatvoriti strujno kolo. Ovaj proces se stalno ponavlja.

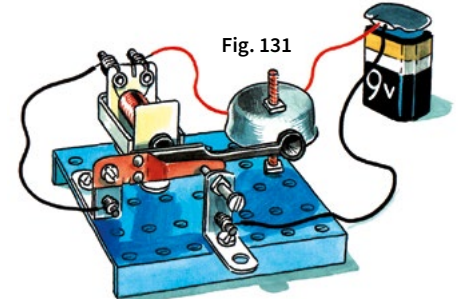
Potrebni materijal: 4 x 5, 5 x 6, 3 x 7, 8, 11, 16, 17, 2 x 28, 31, 33, baterija.



131. ELEKTRIČNO ZVONO.

Nakon što si napravio Wagnerov čekić, ni konstruisanje električnog zvona ti neće biti problem. Trebaš dodati šaraf M4x20 i zvono. Kao na sl.131, šaraf M4x20 se sastoji iz ugla sa vijkom i dve matice. Zvono je pričvršćeno za podlogu pomoću vijka sa duplim navojem i odgovarajućim maticama. Spojevi se mogu videti na sl.131.

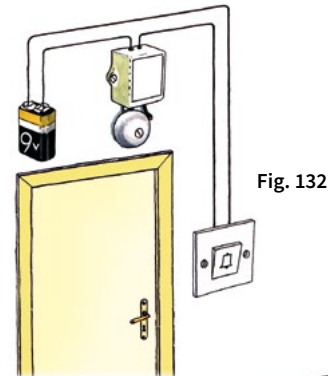
Potrebni materijal: 5 x 5, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33, baterija.



132. ELEKTRIČNO ZVONO UMESTO PORTIRA.

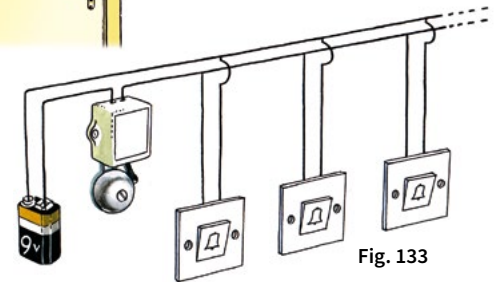
Sl.132 predstavlja crtež strujnog kola u smislu povezanosti električnog zvona, baterije i dugmeta za zvonjenje. Zvono i baterija su instalirani u stanu, dok je dugme na samom ulazu. Kada neko želi da te poseti pritisne dugme. Na taj način se strujno kolo zatvori, a zvono počne da zvoniti. Uz pomoć drugog elektromagneta možeš svom gostu i vrata da otvoriš.

Potrebni materijal: električno zvono, baterija, dugme za zvono, žice za spajanje.



133. ELEKTRIČNO ZVONO SA VIŠE TASTERA.

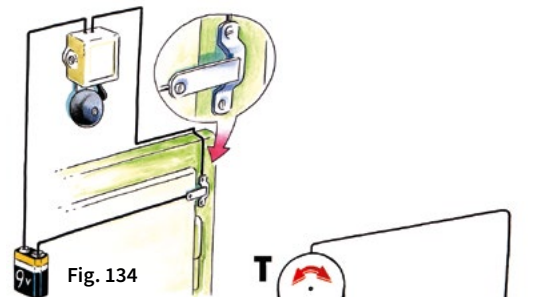
Neke ustanove poput bolnice, hotela, železničkih vagona, itd. zahtevaju instalacije koje ti omogućavaju da pozoveš određene ljude, kao npr. domara, medicinsku sestru, konduktera. Sl.133 predstavlja crtež strujnog kola pokazujući kako su povezani zvono, baterija i nekoliko tastera. Da bismo objasnili primenu ovog principa u praksi, ispitajmo sistem spavaćih kola. U prolazu spavaćih kola iznad svakih vrata se nalazi crveno svetlo. Kada zvono zazvoni, pločica „ispadne“ i kaže kondukteru koji ga putnik zove. Slične tablice sa brojem sobe se mogu naći u bolnicama i hotelima. Njihov rad, takođe, zavisi od elektromagneta.



134. SIGNALNA OPREMA.

Uzmi limenu pločicu da napraviš prekidač kao na sl.134. Svako parče lima mora biti 10x60mm. Pričvrsti prekidač iznad vrata tako da dva lima ostvare kontakt kada se vrata otvore ali ne kada se zatvore. Poveži li se prekidač sa baterijom i električnim zvonom, dobije se signalni uređaj koji obaveštava kada se vrata ili prozor otvore.

Pripomočki: zvonec, košček pločevine, žica za spajanje, baterija.



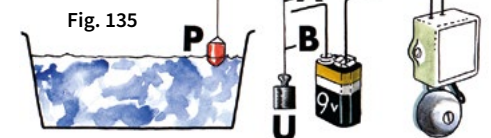
135. ELEKTRIČNI INDIKATOR NIVOA TEČNOSTI.

Nivo vode, ili bilo koje druge tečnosti, u fabrici ili laboratorijskoj posudi nikada ne bi trebalo da bude iznad ili ispod određene tačke. Takve tačke se mogu osigurati strujom kao na sl.135. Tečnost nosi plovak koji se diže i spušta sa nivoom tečnosti. U slučaju da ona dostigne kritičnu gornju tačku, kontakt A zatvara strujno kolo i električno zvono upozorava da nešto nije u redu. Ako, s druge strane, nivo tečnosti padne ispod minimuma, kontakt B zatvara strujno kolo i aktivira signalni sistem. Moguća je i potpuno automatizovana regulacija nivoa tečnosti. U tom slučaju, jedan kontakt otvara dotok, a drugi zatvara ispuštanje tečnosti. Oznake su:

P = plovak

T = točak

U = teg

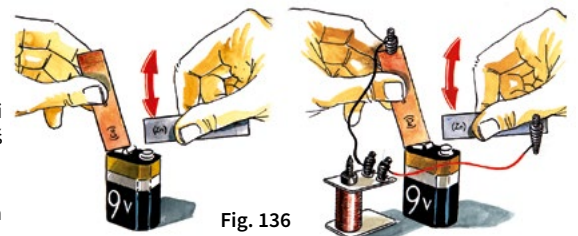


136. PSIHOLOŠKI UTICAJ STRUJE NA ČOVEKA.

Struja utiče na ljudsko telo. Ovo se može pokazati eksperimentima:

1. Lievom rukom uzmi bakarnu pločicu a desnom pločicu od cinka, pa oba izlaza na bateriji dodirni njima, kao na sl.136 levo. Iako pretpostavljaš da kroz tvoje telo prolazi struja, nećeš je osetiti.

2. Poveži metalne pločice iz prethodnog eksperimenta sa kalemom sa železnim jezgrom (sl.136 desno). Zatim, držeći pločice, zatvoraj i prekidač strujno kolo iznova. Kao i prije, kada zatvoriš strujno kolo ne osećaš ništa. Ipak, osećaš jak elektrošok kad prekišeš strujno kolo.



Ovi udari potiču od kalema u trenutku kada se kolo prekine. Da shvatiš ovu pojavu, ponovi eksperiment br. 95. Tako ćeš shvatiti tzv. induktivni otpor u kalemu u zatvorenom strujnom kolu. Magnetno polje se formira oko kalema pod ovim okolnostima, ali čim se kolo prekine magnetno polje nestane, a posledica je indukovana struja koju osećaš kao udar.

Potreban materijal: 4 x 7, 11, 16, 23, 24, 33, baterija.

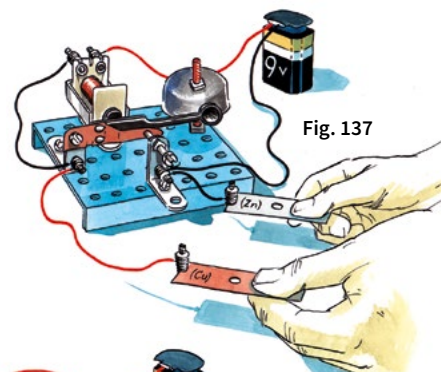


Fig. 137

137. INDUKOVANI KALEM.

Samo je jedan korak od električnog zvona do indukovano galema. Dok zvono zvoni, poveži ga sa dve metalne pločice: prvu pričvrsti šarafom, a drugu uglom na kojem je čekić (sl.137). Ako su ti ruke suve, osetićeš blagu struju, ako su ti, pak, mokre osetićeš jaku struju. Očito je voltaža struje koju osetiš veća nego ona u džepnoj lampi.

Potreban materijal: (131), 23, 24, 33, baterija.

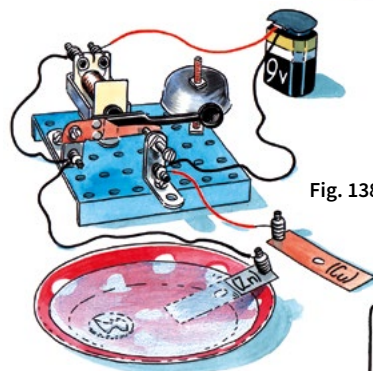


Fig. 138

138. ELEKTRIČNO PUNJENJE KROZ VODU.

Potopi metalnu pločicu iz prethodnog eksperimenta u tanjirić sa vodom u kojoj je novčić. Dok zvono zvoni desnom rukom čvrsto uhvati drugu metalnu pločicu, a levom pokušaj izvaditi novčić iz vode. Kada dodirneš površinu vode osetićeš jak udar i nećeš moći podići novčić, jer će ti ruku uhvatiti grč.

Potreban materijal: (137), tanjirić s vodom, novčić.

139. ZEMLJA KAO PROVODNIK.

Elektrodu iz prethodnog eksperimenta gurni u vlažno tlo nakonem stojiš bos. Drugu elektrodu uhvati rukom i videćeš da je vlažno tlo dobar provodnik (sl.139 je samo delimična shema eksperimenta).

Potreban materijal: (137).

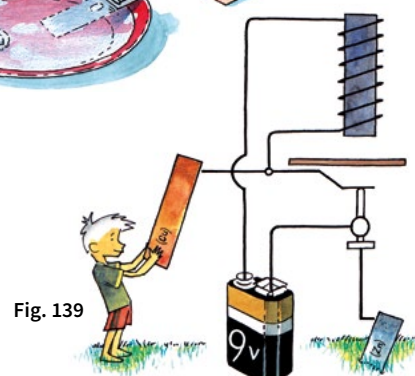


Fig. 139

140. RELEJ.

Relaj je uređaj koji dozvoljava da se jako strujno kolo indirektno zatvori i prekine slabijom strujom. Postoje dva tipa releja, zatvarajući i otvarajući. Pokušaj napraviti oba. Sl.140 prikazuje crtež strujnog kola u releju koji prekida strujno kolo. Prvo kolo uključuje elektromagnet i bateriju br.1. Čim se kolo zatvori, elektromagnet privuče mali čekić koji do se okreće zatvara drugo kolo, koje sadrži sijalicu, bateriju br.2 i čekić. Rezultat je to što sijalica svetli. Nije teško modifikovati zatvarajući relaj prema ovom koji prekida strujno kolo.

Potreban materijal: 3 x 5, 3 x 6, 6 x 7, 8, 11, 14, 16, 2 x 29, 31, 33, 35, dve baterije.

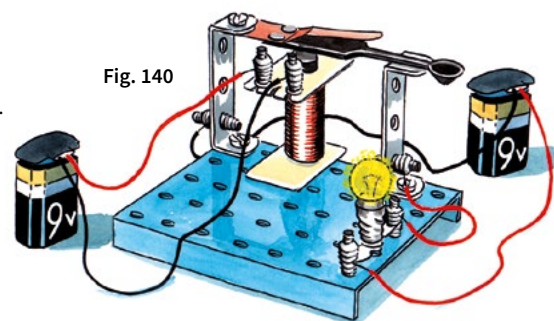


Fig. 140

141. ČOBANSKI TELEFON.

Čobanski telefon se sastoji iz dva kartonska cilindra s jedne strane pokrivena papirom - možeš koristiti i prazne čaše od jogurta. Poveži dva dela tanjim koncem, koji mora biti zategnut tokom razgovora. Dok jedan priča drugi sluša, i obrnuto, jer istovremeno pričati i slušati nije moguće. Za vreme razgovora papirna opna vibrira. Preko zategnutog konca ove se vibracije prenose na drugu papirnu opnu koja isto tako vibrira, omogućujući da se čuje glas s druge strane.

Ovakav se telefon, pak, ne može koristiti za razgovor na velike daljine ili iza ugla. Belov telefon radi na istom principu. I on se sastoji iz dva dela, svaki sadrži trajni magnet, železno jezgro i solenoid; tanka metalna opna stoji ispred elektromagneta. Ako govoriš u opnu, magnetno polje se mienja. Rezultat je stvaranje struje u kalemu.

Pomoću dve žice ova struja se prenosi u drugi telefonski uređaj, gdje uzrokuje vibraciju metalne opne. Belov telefon je zanas zamenjen modernom verzijom sastavljenom od slušalice i mikrofona.

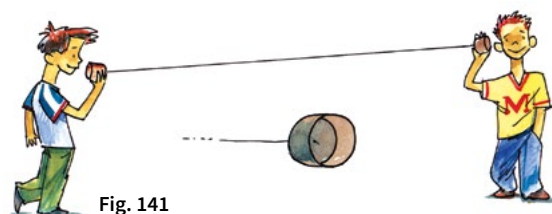


Fig. 141

142. ELEKTRIČNA ENERGIJA PRETVORENA U ZVUK.

Sl.142 prikazuje crtež strujnog kola uređaja koji struju pretvara u zvuk. Pričvrsti elektromagnet, koji u sebi ima jezgro, čauru i solenoid, na plastičnu podlogu. Pokrij magnet metalnim poklopcem od kutije za bombone (napravljenim od železnog lima) koji će se blago podizati tokom eksperimenta. On ima ulogu opne. Ako se kolo naizmenično zatvara i prekida, čuće se neko šuštanje. Kada je kolo zatvoreno, opnu privuče elektromagnet, a kad se prekine kolo opna se, zbog svoje fleksibilnosti, vraća u prvobitni položaj. Slušalica, koju ćeš praviti u narednom eksperimentu radi na istom principu.

Potreban materijal: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, limeni poklopac, baterija.

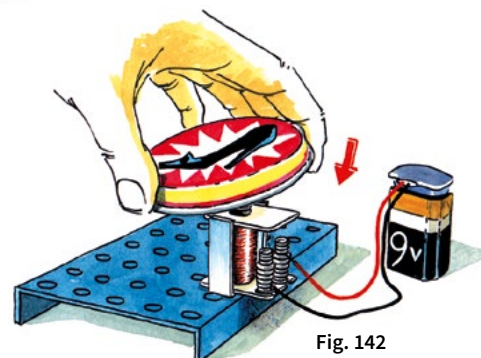


Fig. 142

143. SLUŠALICA.

Koristeći dva držača 38x12mm i jedan držač dimenzija 60x12mm spoji membranu i elektromagnet tako da su udaljeni 1-2mm. Dalje, spoji slušalicu sa baterijom kao na sl.143. Kada se kolo zatvori membrana ne treba ni da dodiruje niti da bude jako daleko od elektromagneta. Kada je kolo zatvoreno elektromagnet privuče membranu. Kada se kolo prekine, membrana se opusti. Čuje se karakterističan zvuk šuštanja.

Potreban materijal: 4 x 5, 6 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 20, 22, 2 x 29, 33, baterija.

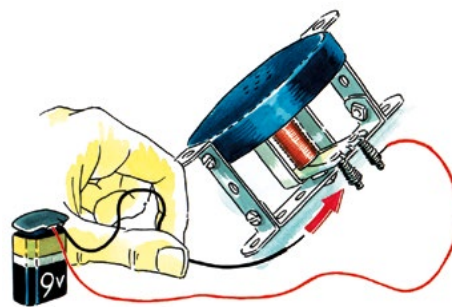


Fig. 143

144. TURPIJA PREKIDA STRUJNO KOLO.

Spoji slušalicu iz prethodnog eksperimenta sa baterijom preko turpije, kao na sl.144. Neka jedan kontakt klizi preko turpije. Za to vreme, uzastopnog prekidanja kola, u slušalici se čuje šuštanje.

Potreban materijal: (143), turpija.

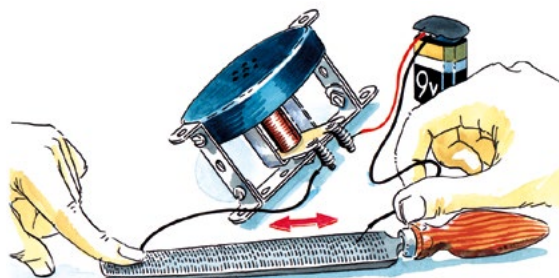


Fig. 144

145. AUTOMOBILSKA SIRENA.

Ovaj eksperiment zahteva slušalicu (sl.143), bateriju i žice za spajanje. Jedan pol solenoida spoji sa membranom, a drugi sa izlazom iz baterije. Preostali izlaz iz baterije treba pažljivo povezati sa membranom (pustiti je da vibrira), kao na sl.145.

Potreban materijal: (143), 7.

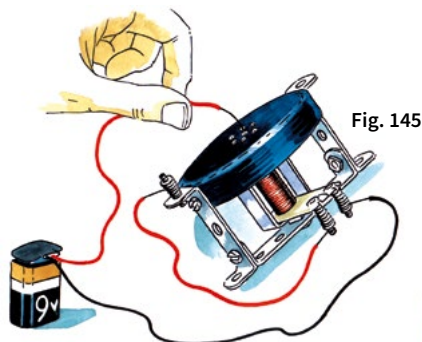


Fig. 145

146. MIKROFON.

Ovaj set sadrži veoma jednostavan, pa ipak osetljiv mikrofona. Sastoji se iz dva osnovna dela: membrane kao u slušalici (osim što je plastična) i tri šipkice od kojih su dve železne i povezane sa membranom, dok je treća karbonska i u dodiru sa ostale dve. Poveži bateriju, mikrofona i električnu sijalicu da zatvoriš strujno kolo, kao na sl.146. Ako pritisneš nezakačenu karbonsku šipkicu, sijalica će zasvetliti. Što više pritišćeš, svetlost je jača. Zbog jačeg ili slabijeg kontakta sa karbonom, mikrofona će pustiti jaču ili slabiju struju da prođe. Isto se dešava kada govoriš u mikrofona.

Potreban materijal: 2, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7, 8, 14, 2 x 28, 33, 35, baterija.

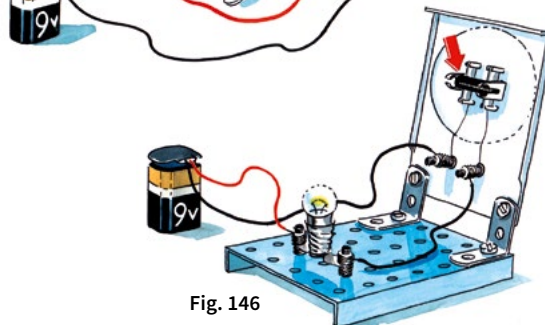


Fig. 146

147. TELEFON.

Ako slušalicu iz eksperimenta br. 143 kao i mikrofona iz prethodnog eksperimenta povežeš sa baterijom, nova kombinacija će biti telefonski uređaj tj. uređaj za prenos govora i drugih zvukova na daljinu. Analogni ručni sat koji leži na plastičnoj podlozi se može čuti kroz slušalicu. To je zbog činjenice da kucanje sata čini da membrana u mikrofona vibrira. Kako kroz karbonske šipkice u mikrofona prolazi slabija i jača struja, a membranu privlači elektromagnet drugačije jačine iz slušalice, vazduh vibrira i vibracije su primetne. Ovakav telefon iz kućne radionice se može primeniti i za prenos govora. U ovom slučaju ostavi mikrofona u jednoj prostoriji, a slušalicu prenesi u drugu (trebaće ti duže žice).

Potreban materijal: (143), (146), ručni sat.

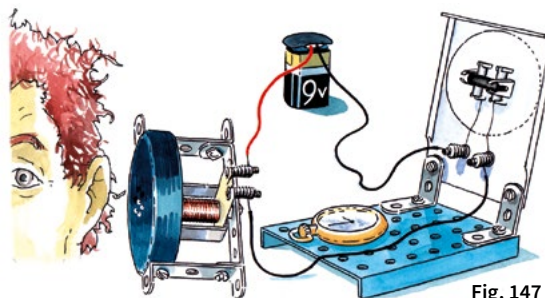


Fig. 147

GENERATORI I ELEKTROMOTORI

148. MEHANIČKA ENERGIJA PRETVORENA U ELEKTRIČNU.

1. Poveži solenoid sa galvanoskopom (sl.148) i jako brzim i kratkim pokretom umetni magnet u žleb. Kazaljka na galvanoskopu će se pomeriti, nakon čega će se vrlo brzo vratiti u početni položaj. Ako magnet brzo izvadiš, kazaljka će se pomeriti u suprotnom smeru.

2. Prevrni magnet i ponovi eksperiment. Sada ćeš primetiti električne udare. Kako je nastala struja u ovom eksperimentu? Iz prethodnih eksperimenata znaš da je magnet izvor magnetnog polja. Ako magnet umetneš u solenoid, magnetne linije sile seku namotaje na solenoidu. Zbog indukcije, stvara se struja, ali traje samo se magnet okreće, a time i dok se magnetno polje menja. Ovo je jedan od osnovnih elektrotehničkih eksperimenata. Svi su generatori napravljeni na ovom principu. Generator je mašina za pretvaranje mehaničke energije u električnu.

Potreban materijal: 1, 4 x 7, 10, 11, 33, 34.

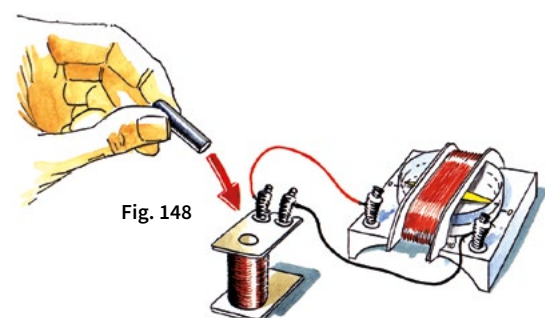


Fig. 148

149. GENERATOR NAIZMENIČNE STRUJE.

Ubaci železno jezgro u solenoid, dalje poveži solenoid sa galvanoskopom i čekaj da se kazaljka zaustavi na nuli. Okreni magnet svezan o konac, iznad solenoida i rezultat je najjednostavnija verzija generatora naizmenične struje.

Potreban materijal: 1, 4 x 7, 10, 11, 16, 33, 34, papir, konac.

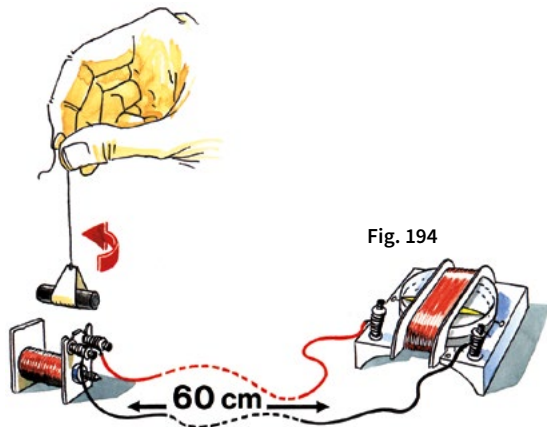


Fig. 194

150. ELEKTRIČNI MOTOR I STATOR GENERATORA.

Deo električne mašine koji se ne kreće se zove stator. Pokušaj napraviti jedan. Obe nožice statora pričvrsti za podlogu i ubaci magnet, pričvršćen za njega pomoću vijka sa duplim navojem i dve matice. Stator je spreman. Kompasom možeš dokazati prisustvo magnetnog polja između nožica statora. Čak možeš i demonstrirati magnetne linije sile kako se pružaju od jedne ka drugoj nožici statora tako što ćeš tu prosuti sitne komadiće železa (vidi eksperiment br.41).

Potreban materijal: 2 x 5, 4 x 6, 8, 10, 12, 15, 34.

151. ELEKTRIČNI MOTOR I ROTOR GENERATORA.

Rotor je zapravo rotirajući solenoid. Oba kraja njegovog navoja završavaju sa dva polucilindra koji se zovu kolektori i kod elektromotora služe da obezbede, a ukod generatora da prenesu struju. Po jedna metalna opruga se naslanja sa svake strane kolektora i zovu se četkice. Uzmi kompas da proveriš rad rotora:

1. poveži rotor četkicama za bateriju kao na sl.151
2. pomoću kompasa odredi severni i južni pol rotora
3. proveriti da li se polovi rotora, kada se okrene za 360 stepeni, menjaju ili ostanu isti. Pažljivim posmatranjem ćeš videti da nakon svakog okretanja za 180 stepeni oba kraja rotora solenoida menjaju polaritet, zbog kolektora koji u određenim trenucima menja smer struje. Očigledno se to menja kada je rotor u horizontalnom položaju. U tom trenutku se menjaju i magnetni polovi na rotoru. Severni pol postane južni i obrnuto.

Potreban materijal: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 19, 2 x 20, 21, 33, baterija.

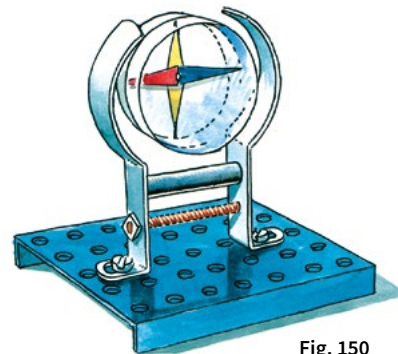


Fig. 150

152. ELEKTRIČNI MOTOR NA ISTOSMERNU STRUJU.

Nakon što napraviš stator (eksperiment br.150) i rotor sa četkicama (eksperiment br. 151) pokušaj napraviti motor na istosmernu struju. Prvo namesti rotor sa četkicama, pa stator. Nakon što si proverio da li rotor besprekorno rotira i da li se četkice naslanjaju na kolektor, poveži električni motor sa baterijom. Rotor će se početi okretati, prvo polako, pa brže, do punog broja okreta, oko 2800-3000 u minuti. Zameni izlaze baterije!

Potreban materijal: (151), 2 x 5, 4 x 6, 10, 12, 15.

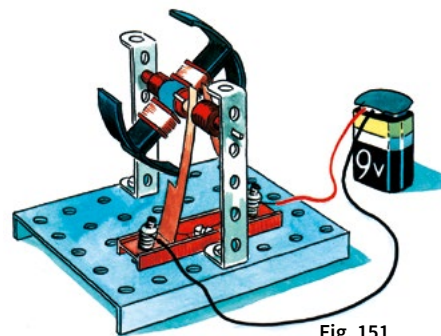


Fig. 151

153. GENERATOR NA ISTOSMJERNU STRUJU.

Poveži električni motor iz prethodnog eksperimenta za galvanoskop i okreni rotor električnog motora rukom. kazaljka na galvanoskopu se pomeri. Rotor okreni u suprotnom smeru.

Kao što vidiš, motor na istosmernu struju se može koristiti i kao generator. tj. uređaj za stvaranje istosmerne struje.

Potreban materijal: (152), 1, 2 x 7, 34.

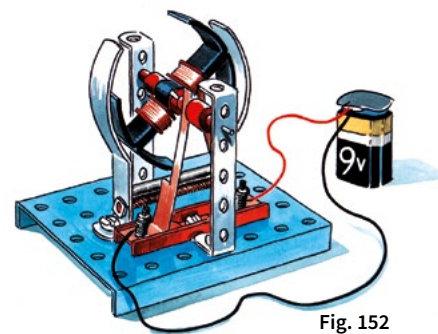


Fig. 152

ZAKLJUČAK

Nakon što si uradio sve eksperimente iz ove knjižice ne znači da si sve završio. Naprotiv, tek si na početku. Ovi eksperimenti predstavljaju prve, a prema tome, i najvažnije korak u sticanju znanja iz polja tehnike kroz vlastito iskustvo. Od sada ćeš moći upotopuniti svoje znanje i tuđim iskustvima, putem knjiga, predavanja, kao i radio i TV emisija.

Svoje znanje možeš obogatiti sa:

GENIUS (153 električna + 120 elektronskih eksperimenata i teorijska objašnjenja).

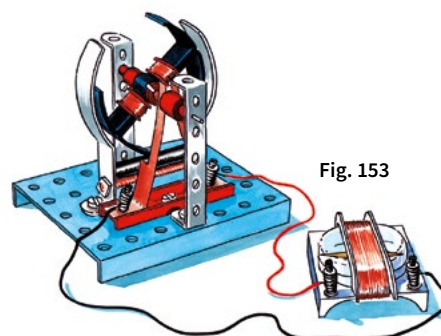


Fig. 153

SRB: Ispravke

EN71: Magnet

UPOZORENJE: Nije prikladno za decu mlađu od osam godina. Proizvod sadrži mali magnet s magnetnim fluksom od preko 50 KG2mm. Ako se progutaju, magneti se mogu priljubiti preko creva i izazvati ozbiljne povrede. U slučaju gutanja odmah potražite lekarsku pomoć.

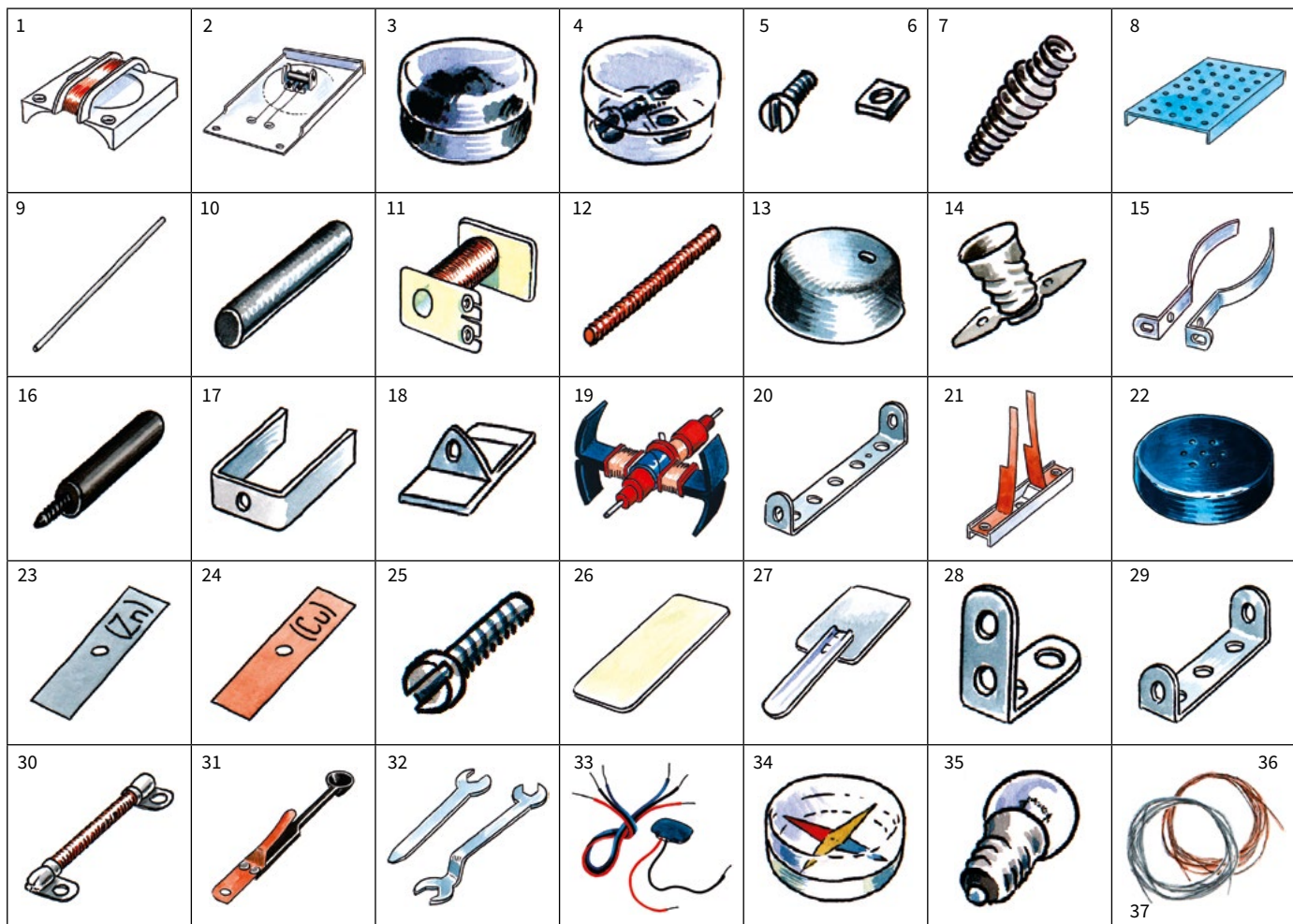
EN62115:

UPOZORENJE: Samo za decu stariju od osam godina. Roditelji se moraju pridržavati priloženih uputstava. Proizvod sadrži slobodne žice. Ne umetati krajeve žice u utičnicu.

Ogled 97: Porast temperature otpornika u ogledu 97 premašuje granice, međutim uputstvo ne ukazuje na moguće opasnosti niti sadrži upozorenje. Ne dodirujte vruće površine niti delove dostupne dodiru tokom ili nakon ogleda kao što su površine otpornika, baterije, kalema i druge elektronske delove. Uverite se da se površina ohladila kako biste izbegli opasnost od opekotina. Sačuvajte pakovanje jer ono sadrži važna obaveštenja.

POPIS SKLOPIVIH DELOVA I ODGOVARAJUĆE SLIKE

Br.	POPIS SKLOPIVIH DELOVA I ODGOVARAJUĆE SLIKE	Kom.	Br.	POPIS SKLOPIVIH DELOVA I ODGOVARAJUĆE SLIKE	Kom.
1	Galvanoskop	1	21	Par četkica	1
2	Mikrofon	1	22	Slušalica	1
3	Kutija sa komadićima železa	1	23	Pločica od cinka (Zn)	1
4	Kutija sa šarafima i maticama.....	1	24	Pločica od bakra (CU)	1
5	Vijci M4 x 5	12	25	Šaraf M4 x 20	1
6	Matice M4	16	26	Plastična pločica	1
7	Opruga	1	27	Metalna špahtla sa pl. drškom	1
8	Plastična podloga	8	28	Ugao 25 x 25 mm	4
9	Železna šipka	1	29	Mali metalni držač 38x12mm	2
10	Magnet	1	30	Otpornik (reostat)	1
11	Kalem (solenoid)	1	31	Mali čekić za zvonce	1
12	Vijak sa dupli navojem	1	32	Ključ sa odvijačem	2
13	Zvonce	1	33	Izolovani spojevi	5
14	Sijalično grlo	1	34	Kompas	1
15	Stator (sa dve nožice)	1	35	Sijalica 12 V/0,05 A	1
16	Železno jezgro	1	36	Bakarna žica	1
17	Žleb za jezgro kalema	1	37	Postojana žica	1
18	Armatura	1			
19	Rotor	1			
20	Veliki metalni držač 60x12mm	2			



ELECTRO PIONEER

153 different experiments of electricity and magnetism

Uses one battery **9V == IEC 6LR61-9V ==** (not included)

Producer and copyright-holder: Mehano d.o.o. • Polje 9 • SI - 6310 Izola • SLOVENIA

CONTENTS

ELECTROSTATICS	87 - 92
MAGNETISM	92 - 97
BATTERIES AND ELEMENTS	97 - 103
ELECTROMAGNETISM	103 - 106
APPLICATION OF THE ELECTROMAGNET IN ENGINEERING	106 - 109
GENERATORS AND ELECTROMOTORS	109 - 110

RIGHTS AND OBLIGATIONS:

By purchasing this book, you agree to comply with all copyright regulations covering this type of work, and not to violate the copyright. The contents of this book are protected by the copyright law. No part of this book can be reproduced or rewritten, photocopied or transferred to any information storage media without explicit prior written permission from the publisher. All experiments described in this book have been carefully examined and tested. Nevertheless, the publisher does not accept responsibility for any physical and/or material damage, or for injuries occurring during the assembly of the experiments described in this book.

TO OUR YOUNG READERS

We are delighted that you have entered the fascinating world of electric through our book, and we hope that you will enjoy the experiments. However, this kit is not meant solely for your enjoyment. By conducting the experiments and reading the pertaining explanations, you will also learn the basics of electric, which you will find useful time and again in the real life situations. Do not be afraid to experiment. The results of an experiment are worth more than the opinions of a thousand experts, so test all your new ideas. If an experiment does not work as it should, do not be discouraged. Once you have found and solved the problem you will have learned something new and useful which you will be able use when conducting other experiments. All the experiments suggested in this book have been designed so that you cannot injure yourself or cause any damage to your surroundings, apart from the odd scratch on your fingers.

This book describes a fair number of different experiments. Some are so simple that explanations are unnecessary. Others are complicated and you might not be able to fully understand how they work at once. After repeated and closer study, you will be able to build and operate even the most difficult experiments with ease. However, if an experiment is causing you considerable difficulty and frustration do not be afraid to skip it and return to it at a later date. The diversity of experiments, provides everyone with the opportunity to learn more about the subject. In addition, the detailed description of the experiments and their functioning given in this book might prove helpful to you in your school work.

DEAR PARENTS!

By buying this book, you are entering the world of electric with your child. If you feel at ease with this subject, offer your child support and inspiration. If this world is new to you, do not hesitate to join in with your promising scientist. The world of electric is full of revelations for younger as well as older learners.

NOTICE TO PARENTS!

BEFORE USING THE TOY CHILD SHOULD CAREFULLY READ THE INSTRUCTIONS AND FOLLOW THEM. THE SET HAS BEEN INTENDED FOR BOYS AND GIRLS OVER 9 YEARS OF AGE. FOR SECURITY REASONS, ALL THE EXPERIMENTS HAVE BEEN DESIGNED TO RUN ON BATTERY POWER (9V BATTERY IEC 6LR61). THEY CAN CARRY OUT ONLY THE EXPERIMENTS, WHICH ARE ACCURATELY EXPLAINED IN THE INSTRUCTIONS. IT IS RECOMMENDED THAT THE EXPERIMENTS ARE MADE IN PRESENCE OF ADULTS. RETAIN THESE INSTRUCTIONS FOR FUTURE REFERENCE.

EN71: Magnet

WARNING: Not suitable for children under 8 years. This product contains a small magnet with a magnetic flux of over 50 KG2mm. Swallowed magnets can stick together across the intestines causing serious injuries. Seek immediate medical attention if magnet(s) are swallowed.

EN62115:

WARNING: Only for use by children aged 8 years and older. Instructions for parents are included and must be observed. This product contains loose wire. The wires are not to be inserted into socket-outlets. Experiment 97: The temperature increase of the resistor in experiment 97 exceeds the limit, but the instructions did not point out the possible hazards or include a warning. One must not directly contact the hot surface of accessible parts during and after the experiment, such as the surface of the resistor, the batteries, the winding and other electronic components. Do make sure that the temperature has fallen, otherwise there may be a risk of burning. The packaging has to be kept since it contains important information. Do not use re-chargeable batteries (i.e. nickel cadmium). Only batteries of the same or equivalent type as recommended are to be used in this toys. We recommend the use of alkaline batteries. Batteries are to be inserted with the correct polarity. Change all batteries. Do not mix different types of batteries (i.e. alkaline and zinc carbon), or old and new batteries together. Batteries must only be charged by an adult. You should not leave discharged batteries in the battery compartment. In case you do not intend to use this toy for a long time, please remove the battery. Batteries must not come into contact with metal parts as this may cause an explosion. Non-rechargeable batteries are not to be recharged. Re-chargeable batteries are to be removed from the toy before being charged (if removable). Re-chargeable batteries are only to be charged under adult supervision (if removable). Do not throw batteries into a fire. Please dispose empty batteries into appropriate containers. Do not short-circuit the supply terminals. **WARNING!** Colours of insulated wires can vary from colours shown on the pictures in the Manuals.

INTRODUCTION

In these instructions there are 153 explanations of experiments and theoretical descriptions. To enable you to perform them the set contains all necessary assembly parts, except those that can be found in any household. There are: a notebook sheet, a piece of paper, a comb, a wooden pencil, a glass of water, a pin, a pointer, tin/alu-foil, cotton thread, nails, matches, cardboard, needles, iron tin, expanded polystyrene (or elder), knitting needles (iron), a candle, a penknife, a map of Europe, a wooden ruler, a book, a hammer, container with water, corks, a wooden board, iron wire, salt, sand, lead refills for pencils \varnothing 0,5 or more, or painting charcoal (or carbon rods from battery), iron plate 40x5 mm, an elastic band, a wrist watch, a file, string, yoghurt plastic cup, a coin.

The set has been intended for boys and girls over 9 years of age. It is suitable for individual, as well as group work, and can be successfully used in elementary schools, although it has been originally prepared for extra - curricular activities.

As these sets are also used for extra - curricular school activities in these is a few descriptions of experiments in which will we need to buy or to borrow a few other parts:

- no. 35 Bulb 12V/0,05A screw E10 (1 piece for experiment no. 87, 2 pieces for experiments no. 89 and no. 90)
- no. 14 Incandescent bulb holder E10H2 (1 piece for experiment no. 87, 2 pieces for experiments no. 89 and no. 90)
- no. 33 Insulated connecting for battery (1 piece for experiments no. 91, no. 110, no. 140, 2 pieces for experiments no. 92)

GENERAL INSTRUCTIONS

- All parts contained in the set are listed on the last page, with a picture and a number alongside.
- Before you start experimenting you must purchase a battery with the voltage 9V 6LR61.
- Each description of an experiment contains the numbers of all the assembly parts of the set that are necessary for the experiment in the same sequence as they are used.
- Before commencing a described experiment sort out the necessary parts and place them on the table in the sequence of assembly.
- After the experiment place the assembly parts tidily into the box.

HOW TO EXPERIMENT

Each experiment has been marked with a consecutive number. Although the experiments can be made irrespectively of the consecutive number, it is recommended to do them in the numerical order. To explain the procedure of these experiments let us take the experiment no. 130/131 referring to the electric bell. At the end of the text there are few numbers written. They denote all indispensable assembly parts, the pictures and names of which can be found in the list of assembly parts, given at the back cover of this booklet. In our case these numbers are: 5-6-7-8-11-12-13-16-17-25-28-31-33 etc. Considering this numerical order we should sort out and arrange the following units:

4 x 7 = spring clips	12 = double threaded screw	3 x 28 = angle 25 x 25 mm
8 = plastic base	13 = bell	31 = little hammer
6 x 5 = screws	16 = iron core	33 = insulated connecting wire
13 x 6 = nuts	17 = core sleeve	
11 = coil	25 = screw M4 x 20	

- 2 x 5 - means you need two assembly parts no. 5
- (20) - a number in brackets means you need the same parts as in experiment no. 20.
- notebook sheet, comb - means that this part is not included and can be found in any household.

Example: Fix the angle on the plastic base with the screw and the nut. Next comes the iron core with its sleeve. The coil is mounted on the core etc. All assembly parts should be in firm contact. In case of faulty operation an effort should be made to detect the fault and fix it. It is recommended to experiment in electrostatics in dry weather, especially in winter, with dry hands.

We wish you much success in young experimenting!

ELECTROSTATICS

1. ELECTRICITY FROM PAPER.

Take a sheet of paper from your notebook and dry it well above the stove, radiator or the cooker. After doing this lay it on the notebook and give it a firm stroke with your hand (fig.1). Then lift the paper with your left hand and approach it from underneath with your right hand knuckle. As a result an electric spark will fly from the paper to your hand.

Materials you will need: Notebook sheet.



Fig. 1

2. ELECTRIC SPARK - THUNDER.

Place a plastic plate on the table edge and rub it with your dry hand or a newspaper. Then lift the plate and approach it with your finger knuckle (fig. 2). The electric spark will jump from the plate to your finger. You will be able to hear it, feel it, and even see it in the dark. The spark that came from the paper or plastic is not essentially different from lightning and thunder.

The only difference lies in the fact that in these experiments there are only small electric currents, whereas in lightning enormous electric currents are involved.

Materials you will need: 26.

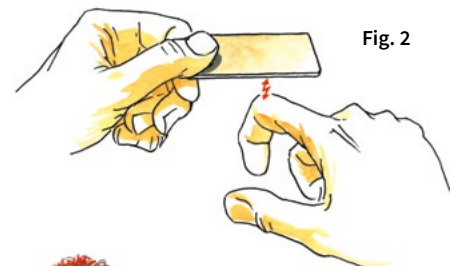


Fig. 2

3. ELECTRICITY FROM WOOL.

If you walk in rubber-soled shoes on a woollen or silk carpet for a long time, your body will become charged with electricity. Should you then touch a water pipe or any other metal object that is connected to the earth, an electric spark will fly from your body to the object. Likewise the comb becomes charged with electricity and so does the combed hair. The same will happen when stroking the cat's fur, or by taking off underwear of synthetic fibres.

All this is annoying, troubles arise also from the sparks at petrol stations, caused by the friction of petrol against the pipes, or on aeroplanes, where the electric charges arise from the friction of the plane against airstreams.

Such electric sparks can be quite a nuisance in paper and rubber plants as well as in plants where power is transmitted via rubber or leather transmission belts.

Moreover, the accident of the dirigible Hindenburg was also caused by a tiny electric spark.

Materials you will need: Comb.



Fig. 3

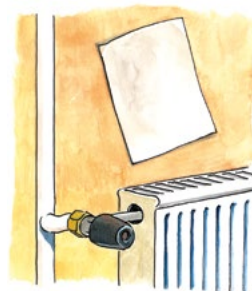


Fig. 4

4. ELECTROSTATIC "GLUE".

In the winter when the rooms are heated, warm a large sheet of newspaper over the stove or radiator apply it against the wall and give it a stroke with your hand. The sheet will readily stick to the wall and remain there for a certain period of time. This happens because the paper became electrostatically charged by the stroking.

Materials you will need: Newspaper sheet.

5. ELECTRIC COBWEB.

After warming a sheet of paper over the stove, radiator or a plate of a cooker, put it on a notebook and give it a firm stroke with your hand, as shown in experiment No. 1. Now lift the sheet and approach it to your cheek (fig. 5). You will feel as if your cheek were touching a cobweb. By rubbing the paper you charged it with electricity, which made the hairs on your skin rise and consequently remind you of a cobweb.

Materials you will need: Notebook sheet.



Fig. 5

6. ELECTROSTATICALLY CHARGED BODIES ARE ATTRACTED.

Place two hexagonal pencils of wood one across the other and approach the upper one with a plastic plate that has been rubbed against dry fingers or a newspaper. Instead of the upper pencil, a ruler or any other similar object can be used. All of them will be attracted by the electrostatically charged plastic plate.

Already in 600 B.C. the old Greeks discovered that amber (Gr.: elektron) attracted light objects, if they were rubbed against a hand or some material. That is where the term electricity came from.

Today plastic is used instead of expensive amber. Likewise paper can become electrostatically charged if well dried and rubbed. Later experiments will show that by rubbing, both bodies that are rubbed, as well as those used for rubbing, become electrostatically charged.

Materials you will need: 26, 2 pencils.

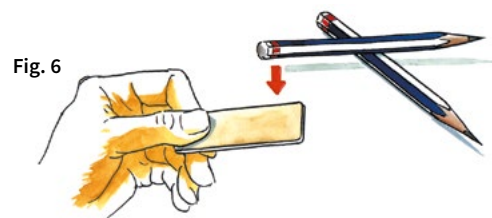


Fig. 6

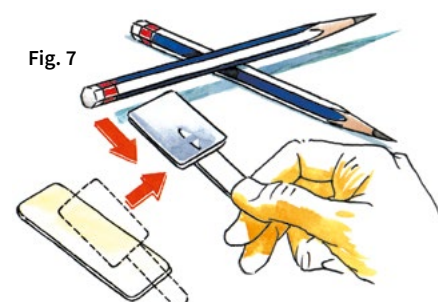


Fig. 7

7. EVEN METALS CAN BE ELECTROSTATICALLY CHARGED.

Place two hexagonal pencils of wood one across the other, as shown in the preceding experiment. Take a metal spade fixed to a plastic handle. Rub it against a plastic plate holding the plastic handle, and approach it to the upper pencil. The electrostatically charged metal spade will attract the pencil.

As you see, even metals can become electrostatically charged through rubbing. Later on you will learn why the metal spade is fixed to a plastic handle.

Materials you will need: 26, 27, 2 pencils.

8. ELECTROSTATICALLY CHARGED BODIES REPEL THE UNCHARGED ONES.

Place two pencils of wood on a plastic base, as shown in fig. 8. Then approach the upper pencil with an electrostatically charged metal spade. The spade will attract the pencil. If the same spade is electrostatically recharged, however, it will repel the pencil. All previous experiments have shown that the electrostatically charged bodies attract the uncharged ones; yet, now you can see that in certain cases they can also repel them.

Materials you will need: 8, 26, 27, two pencils.

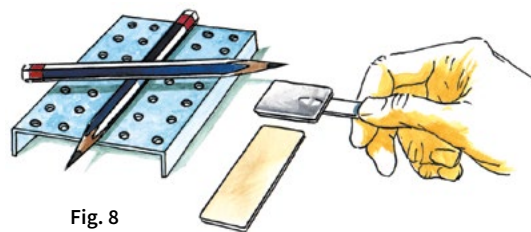


Fig. 8

9. AN ELECTROSTATICALLY CHARGED BODY NEAR A WATERJET.

Place an electrostatically charged plastic plate near a weak water jet (fig. 9). The plate will attract the jet as well as disperse it.

Materials you will need: 26, a glass of water.

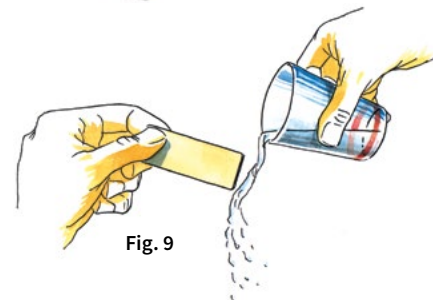


Fig. 9

10. WHEN DO ELECTROSTATICALLY CHARGED BODIES ATTRACT AND WHEN DO THEY REPEL EACH OTHER?

In this experiment the following procedure should be adopted:

1. Rub the metal plate against a plastic base.
2. Place the electrostatically charged plastic plate on the aluminium bell where it is free to move.
3. Approach the plastic plate with an electrostatically charged metal spade and you will see that the plate and the spade attract each other.
4. Pass the handle of the metal spade between your dry fingers or rub it against paper, then bring it near the plastic plate and you will see that they repel each other.

This experiment proves the different polarities of electrostatic charges, which can either attract or repel each other.

Materials you will need: 13, 26, 27.

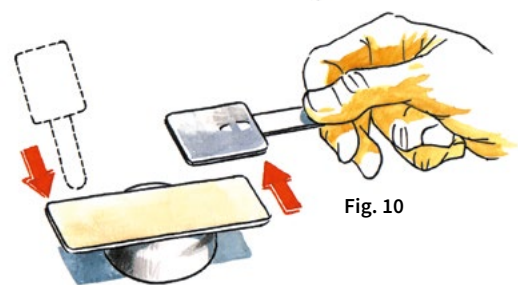


Fig. 10

11. A SIMPLE ELECTROSCOPE.

By using the units of this set try to assemble a simple electroscope. From fig. 11 you can see how individual units should be put together. On a plastic base there is an iron rack carrying a light paper pointer made from a piece of paper 140x12 mm. A pin passing through the pointer a little above its centre of gravity serves as an axle. The electroscope is faultless if its pointer is vertically suspended and in case of any deflection from this position slightly oscillates.

Materials you will need: 3 x 5, 3 x 6, 8, 20, 2 x 28, 29, a pin, a pointer.

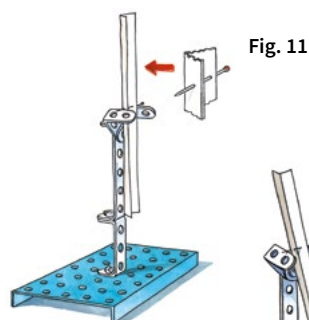


Fig. 11

12. ELECTROSTATICALLY CHARGED PLASTIC ATTRACTS THE ELECTROSCOPE POINTER.

Pass a plastic plate between your dry fingers or rub it against paper, then bring it near the electroscope pointer (fig. 12). The plastic plate will attract the pointer. The same experiment can be done with a comb, a piece of glass or sealing-wax rubbed against clothes. All these and many other bodies attract the electroscope pointer, provided they have been rubbed. Through rubbing, the bodies become electrostatically charged.

Materials you will need: (11), 26.

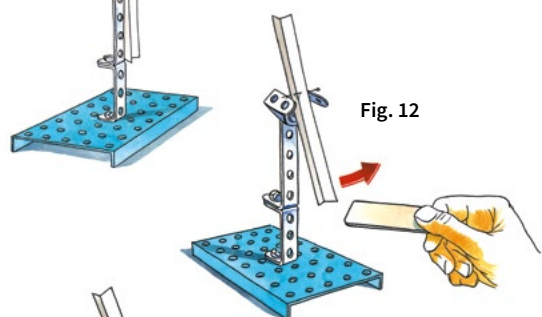


Fig. 12

13. ELECTROSTATICALLY CHARGED METAL SPADE ATTRACTS THE ELECTROSCOPE POINTER.

Repeat experiment No. 12, but this time do not rub the plastic plate against your hand, but against a metal spade fixed to a plastic handle. If you approach the electroscope pointer with the metal spade, the latter will attract the pointer. Then wrap the metal spade in a piece of paper or cloth and rub it against the plastic plate. Through rubbing, the paper, cloth or other bodies will become electrostatically charged. These experiments show that both - the bodies that are rubbed as well as those used for rubbing - can become electrostatically charged.

Materials you will need: (11), 26, 27, a piece of paper or cloth.

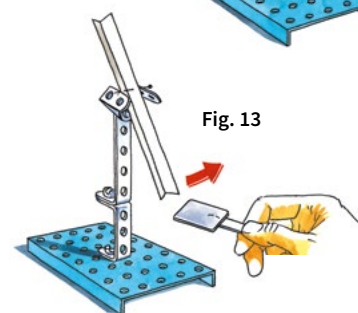


Fig. 13

14. CHARGING THE ELECTROSCOPE.

Place a plastic plate on the edge of the table, stroke it with a metal spade, slightly pressing it and then touch the electroscope rack (fig. 14). The pointer will deflect and remain deflected. If you repeat several times, the deflection of the pointer increases due to the increase of electrostatic charge.

Materials you will need: (11), 26, 27.

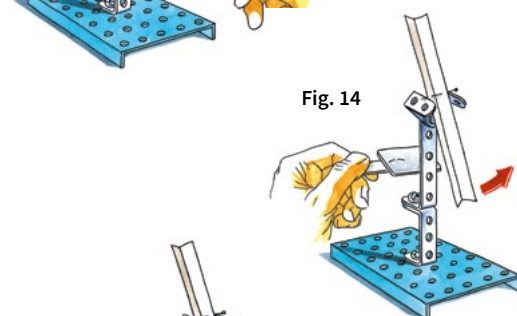


Fig. 14

15. DISCHARGING THE ELECTROSCOPE.

Touch the charged electroscope metal rack with your finger (fig. 15) and the pointer will return to the resting position. The electrons have passed through your body to the earth or maybe vice versa.

The previous experiments have shown that bodies become electrostatically charged if rubbed against plastic. Will your hand become electrostatically charged too?

Materials you will need: (11).

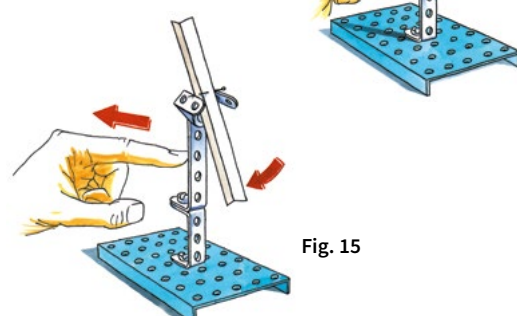


Fig. 15

16. PROGRESSIVE ELECTROSCOPE CHARGING.

1. Place a plastic plate on the edge of the table and rub it with a dry hand or paper.
2. Place the metal spade, held by the plastic handle, upon the plastic plate.
3. Before lifting the metal spade, touch it with your finger.
4. Further, use the metal spade to touch the electroscope rack. Its pointer will deflect. If the experiments under 2, 3 and 4 are repeated several times, the deflection of the pointer will increase, due to the increase of electrostatic charge.

The plastic plate and the metal spade together form a device called an electrophorus.

Materials you will need: (11), 26, 27.

17. PROGRESSIVE ELECTROSCOPE DISCHARGING.

Following the procedure of the preceding experiment, charge the electroscope with the electrophorus. When the electroscope is charged, touch it with the metal spade. The pointer will drop a little. If the metal spade is brought in contact with your body and the electroscope pointer repeatedly, the pointer will drop more and more.

Materials you will need: (11), 26, 27.

18. CONDUCTORS AND INSULATORS.

Charge the electroscope by means of the electrophorus (see experiment No. 16), then touch the electroscope rack with the metal spade handle, a pencil, a piece of paper, a copper plate and with other units of the set. What do you notice? In contact with plastic, dry glass, china, sealing-wax, paraffin-wax etc. the electroscope pointer will not move at all. Consequently, the mentioned materials are insulators.

However, metals are excellent conductors and so is our body, the pencil, damp paper etc.

Materials you will need: (11), 24, 26, 27, various objects.

19. POSITIVE AND NEGATIVE ELECTROSTATIC CHARGE.

Charge the electroscope by means of the electrophorus and approach its pointer with the metal spade used for charging the electroscope (fig. 19). The pointer will deflect. If, however, the pointer is approached with a plastic plate, it will be attracted by the latter. This proves that bodies can assume different charges. In your case the metal plate and the charged electroscope are charged positively, whereas the plastic plate is negatively charged.

Similarly charged bodies repel, whereas oppositely charged ones attract each other.

Materials you will need: (11), 26, 27.

20. ELECTRIC PENDULUM.

Try to build an electric pendulum that can enable you very instructive experiments. It consists of a ball made of elder or expanded polystyrene (1), a cotton thread (2), a vertical paper sleeve (3), an elbow (4), and a horizontal paper sleeve (5). If no pith ball is available, a small tinfoil pot is used instead. Wrap a piece of tinfoil 5x3 cm around a pencil, press it at the front side and bind it to a cotton or nylon thread. To make the required paper sleeves (90 mm), take a sheet of notebook paper and cut it lengthwise into two identical parts (90x100 mm). Spread each part with glue and wrap it gently around an iron bar from the set. Before the glue is completely dry take the sleeve from the bar protecting it from unwrapping with an elastic or a stripe of adhesive tape and fix it to the plastic base with a double threaded screw. The elbow is obtained by bending a nail or wire of corresponding diameter into a right angle.

Materials you will need: 2 x 6, 8, 9, 12, paper, tin or alu-foil, cotton thread, iron wire.

21. EXPERIMENTS WITH THE ELECTRIC PENDULUM.

1. Approach the electric pendulum with an electrostatically charged plastic plate. The plastic plate will attract the pith ball only to repel it immediately afterwards; so you will not be able to catch it with the plastic plate.
2. Touch the pith ball with your hand and approach it with an electrostatically charged metal spade. The latter will attract the ball only to repel it forcibly immediately afterwards. What is the explanation of the above phenomena?

The plastic is negatively charged. For that very reason it attracts the pith ball which itself assumes a negative charge and is consequently repelled. The metal spade is positively charged. Through the contact of the pith ball with the metal spade the former, too, acquires a positive charge and is consequently repelled.

The above facts lead to the conclusion that bodies bearing the same electrostatic charge repel each other.

Materials you will need: (20), 26, 27.

22. OPPOSITELY CHARGED BODIES ATTRACT EACH OTHER.

This experiment requires two pendulums. The first is mounted to a plastic base, the second to an aluminium bell. Keep the pendulums apart and give them opposite electrostatic charges. By reducing the distance between the pendulums you will notice that the pith balls attract each other. If, however, they touch each other, the charges get balanced. This leads to two conclusions:

1. Oppositely charged bodies attract each other.
2. Equally strong positive and negative charges get balanced.

Materials you will need: (20), 6, 13, 25, 26, 27, paper, alu-foil, thread.

Fig. 16

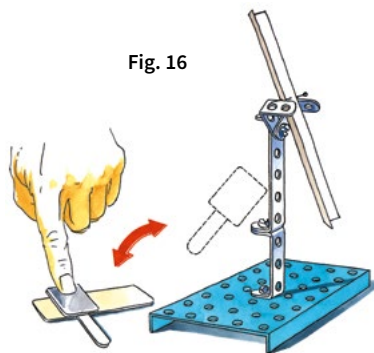


Fig. 17

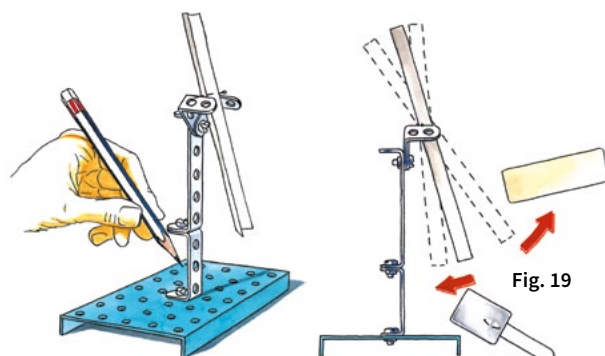
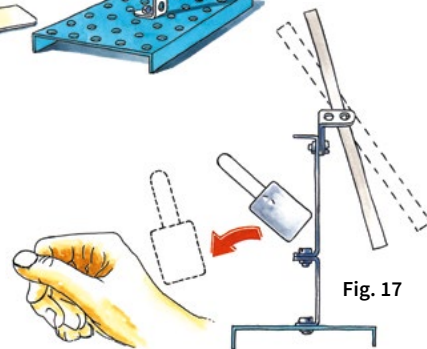


Fig. 18

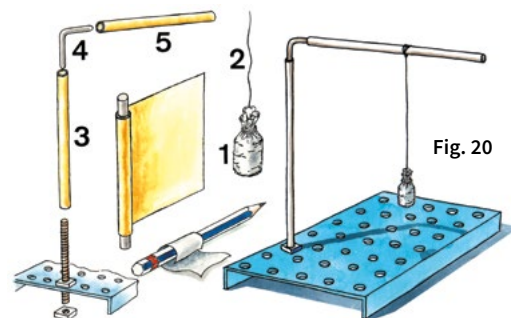


Fig. 20

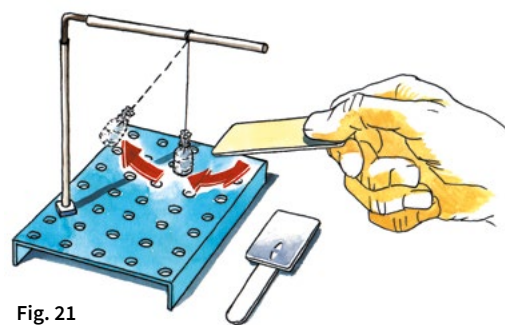


Fig. 21

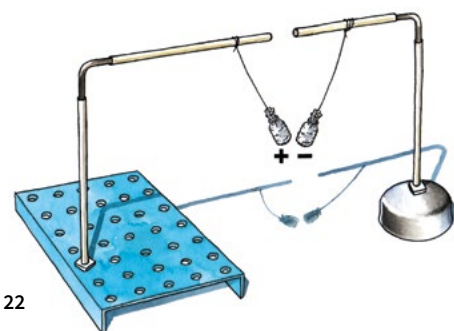


Fig. 22

23. LEAF ELECTROSCOPE.

Further experiments with static electricity require a more sensitive instrument. Consequently, using the following instructions, you can build yourself a leaf electroscope:

1. Use a bolt and a nut to fix the big metal bracket 60x12 mm into the centre of a plastic base (9).
2. Further use another bolt and nut to fix an aluminium bell to the free end of the bracket, but leave 10 mm of the bolt protruding from the bell. That is where the 90 mm wrapped tinfoil sleeve is to be stuck to the bolt. How to make the sleeve is described in experiment No. 20. The upper end of the sleeve serves for carrying two bearers made of bare copper wire 0,3 mm. The bearer is a 10 mm long and 5 mm wide rectangle, shaped to permit it to be fixed to the sleeve. The electroscope leaves should be thin paper of 8x70 mm size. They are fixed to the brackets as seen fig. 23 (right). The arrow indicates where the paper is to be stuck together.

Materials you will need: 5, 2 x 6, 8, 13, 20, 25, 36, paper, alu-foil.

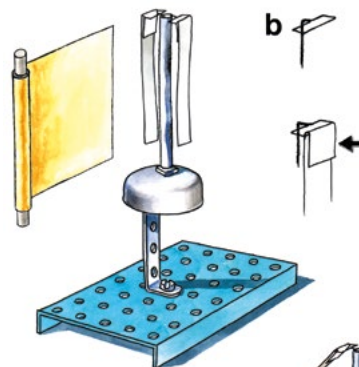


Fig. 23

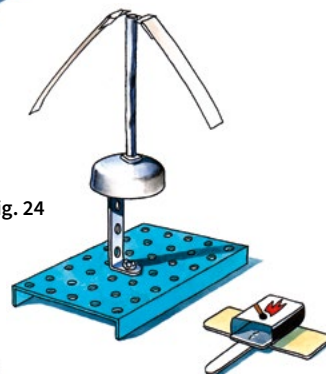
24. ELECTRICITY FROM A MATCHBOX.

Put the metal spade into a matchbox case and, holding the plastic handle, rub it against a plastic plate. Upon touching the electroscope with your finger, the leaves will come close together. Further wrap the plastic plate into paper, cloth, fur etc. and try to charge it by rubbing it against a plastic plate.

Finally try to charge a piece of glass by rubbing it against silk or wool.

Materials you will need: (23), 26, 27, match-box.

Fig. 24



25. CAPACITY.

Wrap one end of the metal spade handle with a piece of tinfoil and you will have two metal spades: A big and a small one, on the same insulated handle (fig. 25).

Further follow the instructions of experiment No. 16 to charge the electroscope to full deflection. If you touch the charged electroscope with the small metal spade from tinfoil, the angle between the electroscope leaves will diminish. Then use the same metal spade to touch in turns your body and the electroscope until the electroscope leaves come very close together.

Later recharge the electroscope and repeat the experiment by using the big metal spade. Which metal spade shows the higher capacity?

Materials you will need: (23), 26, 27, alu-foil.

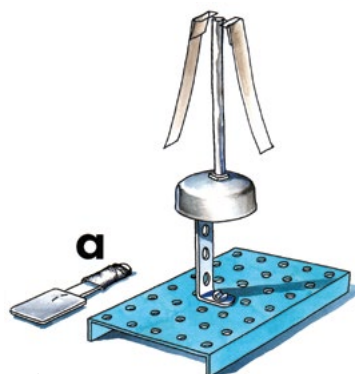


Fig. 25

26. AIR-IONISATION.

1. Charge the electroscope to full deflection of both leaves and note the time they remain deflected. In dry weather, especially in the winter, the leaves will remain spread apart for a few hours, which proves the air is a good insulator. In damp weather, however, the leaves will soon return to the initial position.

2. Recharge the electroscope and approach it carefully (so the paper leaves don't catch fire) with a lit match. Immediately the leaves will come close together. This results from the fact that under the effect of heat the air molecules start moving with such speed that a reciprocal ionisation is likely to occur; in other words, the molecules charge or discharge each other with electrons.

The air undergoes ionisation but ionised air has proved to be a bad insulator. This is why lightning very often strikes into fire.

Materials you will need: (23), 26, 27, matches.

Fig. 26



27. ELECTROSTATIC FIELD.

Cut a plate of the same size as the plastic plate in the set from medium thick cardboard. Place it on the edge of the table and cover it with the plastic plate. If rubbing the plastic plate with paper or your dry hand and lifting it afterwards, what do you notice? By lifting the plastic plate you have lifted the cardboard as well, although the latter is rather heavy.

Due to rubbing the plastic plate assumes a negative charge, whereas the cardboard, under the effect of the negative charge, becomes positively charged. In principle, the positive and negative charges attract each other. The force of attraction can be considerable and is felt when separating the two plates (fig. 27). The field between both plates is known as an electrostatic field.

Materials you will need: 26, a cardboard plate.

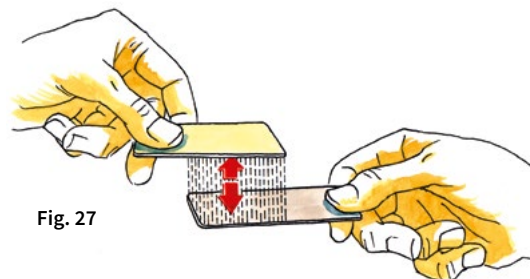


Fig. 27

28. ELECTRIC LINES OF FORCE.

Place a piece of cardboard on the table-edge putting a lengthy thread underneath. Cover the cardboard plate with a plastic one and rub it with your hand or a piece of paper. Use one hand to retain the cardboard at the table and the other one to lift the plastic plate about 6 - 8 mm high. You will notice a certain resistance. Besides, the thread ends will lift towards the plastic plate. This is due to the fact that the electrostatic field between the two plates consists of invisible electric lines of force, the direction of which is indicated by the lifting ends of the thread.

Materials you will need: 26, a piece of cardboard, thread.



Fig. 28

29. CAPACITOR.

Lay an electrostatically charged plastic plate on the edge of the table and place the electroscope above it. The electroscope leaves will not move although the plastic plate is electrostatically charged. Why? The plastic is negatively charged. Consequently the table close to it is left with a positive charge in relation to the negative one of the plastic plate. By lifting the plastic plate together with the electroscope for about 8 - 9 cm above the table, the positive charge of the latter will be reduced, the negative one of the former will predominate, therefore the electroscope leaves will spread apart. The positively charged table and the negatively charged plastic plate represent a capacitor. The principle of the capacitor was also mentioned in experiment No. 27 and 28.

Materials you will need: (23), 26, 27.

30. POLARITY DETECTION WITH A GLOW LAMP.

Touch the negatively charged leaf electroscope with a glow lamp. The leaves will come close together and one of the glow lamp electrodes will light up. If the electroscope is positively charged, the other glow lamp electrode will light up. Glow lamps are used in mains voltage testing instruments. In case a glow lamp is connected to the mains, both electrodes light up due to the alternating current.

Note: Execute the experiment in a room that's dark.

Materials you will need: (23), 26, 27, a glow lamp (not included).

31. NEEDLE EFFECT.

Pin a needle to the electroscope and approach it (without touching it) with a positively charged metal spade. The electroscope leaves will deflect although the electroscope has not been touched. Then remove the metal spade and approach the needle (without touching it) with the point of another needle that you hold in your hand. The electroscope will gradually discharge, provided there is no contact between the two needle points. It is obvious that the electrons pass from one body to another through the needle point.

In general such points are likely to solve various technical problems. They are used in paper mills to ground the static electricity that arises from paper friction and involves a certain adhesion of paper sheets. Further, points are applied to remove static electricity from the plane which gets electrostatically charged through its friction in the air, as well as from driving belts; in addition, they serve for protection of buildings from lightning.

Materials you will need: (23), 26, 27, a needle.

32. LIGHTNING CONDUCTOR.

A lightning conductor consists of an iron rod with a point on top. There is a thick copper wire or a strip of sheet zinc leading from the point to the ground where it is connected to a bigger metal network.

If an electrostatically charged cloud approaches the building, the latter, due to inductivity, also assumes an electrostatic charge. If the cloud has a positive charge, that of the building is negative and vice versa. This is a very strong electric field (capacitor) between the building and the cloud. Owing to the lightning conductor point the electrons pass from the cloud to the lightning and vice versa. Thus the electrostatic charges get balanced and the danger of lightning is avoided. If the lightning nevertheless strikes, it will strike the lightning conductor and not the building. Therefore large buildings are furnished.

33. FARADAY CAGE.

An ancient story tells about a king of a remote country to whom the fairies prophesied at the birth of his daughter that she would die at her sixteenth birthday. As that day drew near the king built a fortified castle which was only accessible by crossing a drawbridge. By her sixteenth birthday the princess was bound to live in this castle together with her servants. Yet right on her sixteenth birthday the sky suddenly turned dark and started to thunder and to lighten. With a terrible noise the thunder struck the castle and killed the princess. That happened once upon a time.

But is it possible to protect buildings from lightning nowadays? Yes, it is. They can be safeguarded either by a lightning conductor or a so-called Faraday cage, which is even more reliable. The following experiment will explain its operation.

Place a smaller tin container (an old can or an aluminium cup) on a plastic base and stick a few strips of thin paper (in fig. 33 only two are shown) to the inside and outside surface of the cup wall. Then touch the container (the cage) with an electrostatically charged metal spade. The outside paper strip will deflect, whereas the inside one will not move. Even if the container has been repeatedly charged, the charge will spread outside only, whereas the internal surface will remain uncharged, that is neutral. The same would occur if the container was pierced at several places, or if instead of a metal container a wire basket was used. If the same wire mesh was applied to wrap the house, the latter would be protected against lightning.

The Faraday cage is especially used for ammunition storage protection.

Materials you will need: 8, 26, 27, a metal container, paper.

34. A FEW ADDITIONAL EXPERIMENTS.

Use a razor blade to cut a few balls from elder pith, lay them on the table and approach them with a charged spade. The balls will jump lively on the table. Instead of pith balls, small paper rolls can be used.

Materials you will need: 26, 27, paper, balls from elder pith or expanded poly-styrene (not included).

Fig. 29

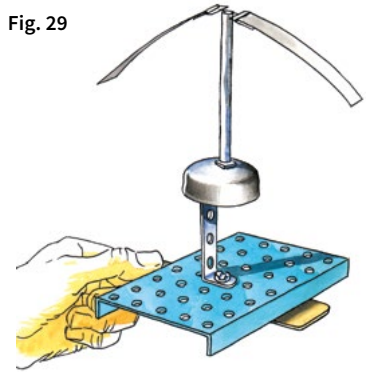


Fig. 30



Fig. 31

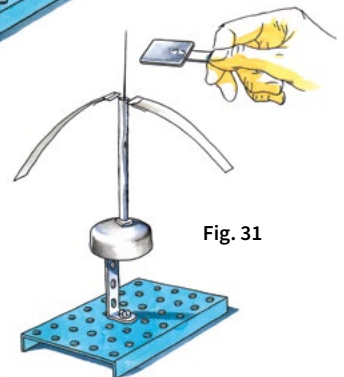


Fig. 32

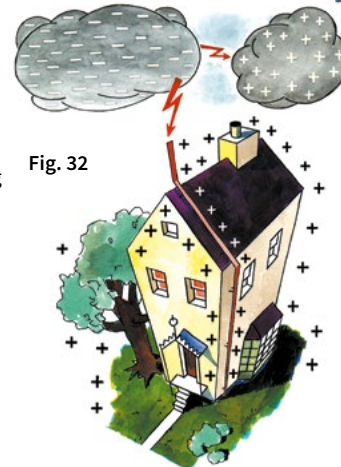


Fig. 33

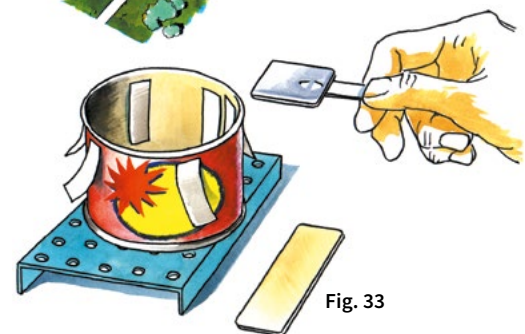


Fig. 34



35. MOLECULES, ATOMS, ELECTRONS.

The entire nature consists of molecules and atoms. An atom is the smallest unit of an element. By now scientific knowledge counts 118 elements of which 92 are natural. The rest is made by man. Although the atoms of individual elements vary a lot, they have certain features in common as far as the structure and size are concerned. Every atom consists of a thick and heavy nucleus, circled by a continuous flow of a small or large number of easy electrons. The simplest is the hydrogen atom (fig. 35 left). It consists of a small nucleus, orbited by a single electron (e), like the Earth is orbited by the Moon. The second is helium (fig. 35 middle). A helium atom consists of a bigger nucleus, circled by two electrons. The lithium nucleus is orbited by 3 electrons, the iron nucleus by 26, the gold nucleus by 79, the lead nucleus by 82, and the uranium nucleus by 92 electrons, with various distances between them. In atoms the electrons are bound to the nucleus exactly the same way as the Moon is bound to the Earth or the Earth to the Sun. In some bodies the atom may lose a few electrons. Due to this lack of electrons, such bodies are positively charged, whereas those with an excess of electrons are negatively charged.

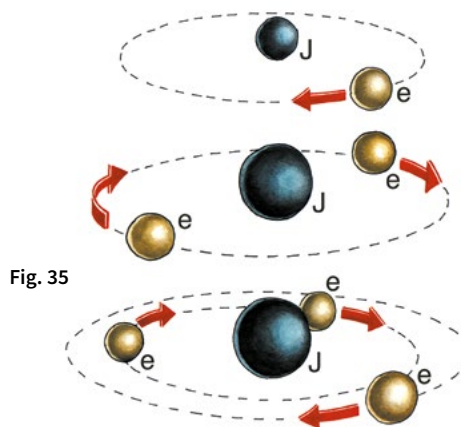


Fig. 35

MAGNETISM

36. THE MYSTERY OF MAGNETISM.

The set contains two heavy cylindrical rods, one ending with a screw. Without application of any other object this experiment will demonstrate:

1. which of the two objects is a magnet and which only iron;
2. whether the iron is attracted by the magnet or the opposite.

The experiment can be made the following way: Place one of the two objects on the table and try to lift it with the other one touching the former somewhere in the middle, as shown in fig. 36. If you manage to lift the lying piece from the table, the one in your hand is a magnet. If, on the contrary, the piece rests on the table, this one is the magnet.

The reason for that will be explained later on.

The experiments show that not only the magnet attracts the iron but the iron, too, attracts the magnet. Consequently, the two are reciprocally attracted.

Materials you will need: 10, 16.

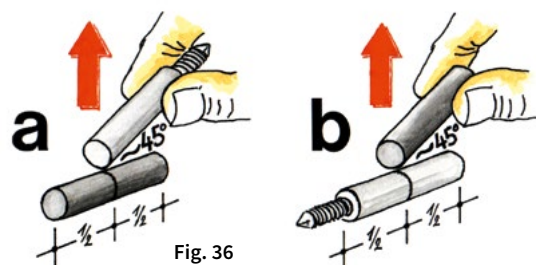


Fig. 36

37. MAGNET.

The ancient Greeks discovered that a certain ore found near the city of Magnesia in Asia Minor had the power of attracting bits of iron. A legend also tells us that bits of this ore went attracted to the shepherd's iron tipped crooks. This ore was called magnetite and the attractive power magnetism. As shown later on, such a natural magnet can serve for making an artificial one. The set contains such an artificial magnet, yet it has not been made by means of magnetite, but by means of electricity. By using this magnet all bolts and nuts from the set, as well as many other iron items can be lifted.

Materials you will need: 5, 6, 10.

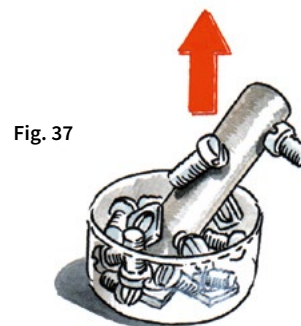


Fig. 37

38. DOES A MAGNET ATTRACT IRON OBJECTS ONLY?

Place different metal items from the set on the table and try to lift them with the magnet. Which items can be lifted?

It is possible to lift all items made of iron, e.g. bolts, nuts, nails, sheet iron pieces, whereas those made of zinc, copper or lead will not be attracted by the magnet. Further experiments could show that, in addition to iron, items made of nickel and cobalt may as well be attracted by the magnet. The attractive power of a magnet is the greatest in case of the so-called magnetic alloys, such as AlNi and AlNiCo. The magnet from the set has been made of the alloy AlNiCo (aluminium, nickel, cobalt).

Materials you will need: 5, 6, 10, 23, 24, metal objects.

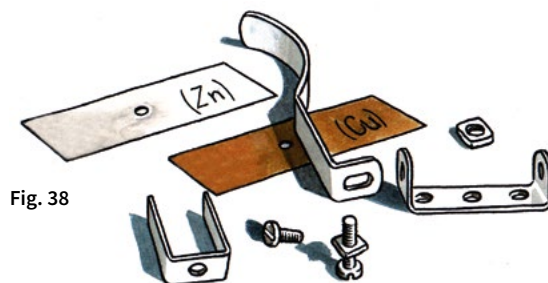


Fig. 38

39. A MAGNET HAS TWO POLES.

Strew a sheet of paper with iron filings, dip the magnet into the latter and take it out immediately afterwards. The filings will stick to the magnet, yet will not be equally spread along the whole length. The ends, where the magnetic attraction is the most powerful, are called poles. Every magnet has two poles. If the magnetism here is the strongest, it is equal to 0 in the centre of the magnet. Can you now solve the riddle from experiment No. 36?

Materials you will need: 3, 10, piece of paper.

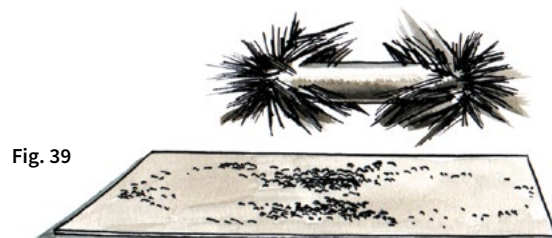


Fig. 39

40. MAGNETIC FIELD.

Lay a magnet under a plastic base covered with a sheet of cardboard 9.5x7 cm. Then sprinkle some iron filings over the cardboard and tap it lightly with a pencil.

The filings will make up a distinct pattern of lines extending in all directions from one pole and running in smaller or bigger curves to the other pole. The filings will arrange themselves along the invisible lines of force.

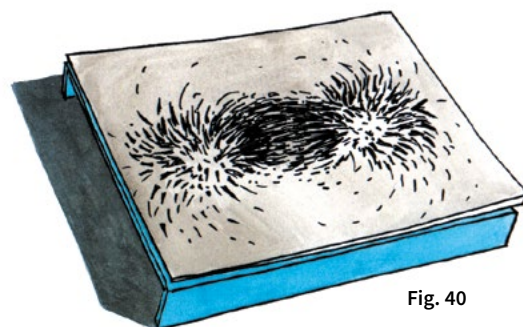


Fig. 40

1. Repeat the above experiment, the cardboard being lifted two to three centimetres. Now, too, the filings will arrange themselves along the magnetic lines of force.
2. Repeat the above experiment but place the magnet vertically. In this case the filings will assume a regular pattern.

Conclusion: The area around the magnet is covered with magnetic lines of force. They form the magnetic field which is strongest around both poles.

Materials you will need: 3, 8, 10, cardboard.

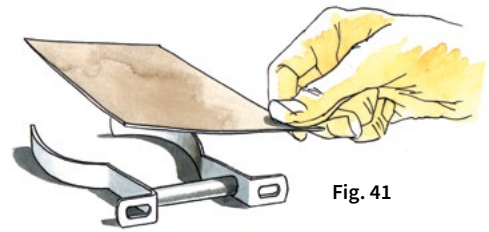


Fig. 41

41. MAGNETIC FIELD BETWEEN TWO DIFFERENT POLES.

Lay the magnet on the table and add a piece of stator laminations to each end, as shown in fig. 41. Cover this with cardboard, sprinkle iron filings over it and tap it lightly. The iron filings will arrange themselves along the magnetic lines of force, as observed in the previous experiment, as well as between the two pieces of stator laminations. The latter is especially important for the understanding of the generator and electromotor.

Materials you will need: 3, 10, 15, cardboard.

42. MAGNETIC FIELD BETWEEN TWO IDENTICAL POLES.

According to fig. 42, lay the magnet on the table and add two pieces of stator laminations, both touching the same magnetic pole. Cover this with cardboard and sprinkle iron filings over it. Observation: In this experiment you are not interested in the filings immediately surrounding the magnet but in those between the two pieces of stator laminations. Here the iron filings have remained in complete disarray, hence no magnetic lines of force exist in the field. On the other hand, outside the field encircled by the two pieces of stator laminations, the magnetic lines of force form a very dense pattern of arcs, extending from the stator laminations to the opposite magnetic pole. From the above experiments it can be concluded that the magnetic poles are not alike. This will, too, be proved by the experiments to follow.

Materials you will need: (41).

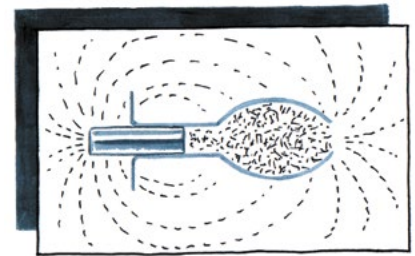


Fig. 42

43. THE NORTH AND SOUTH MAGNETIC POLE.

With a piece of paper suspend the magnet from the set horizontally by an untwisted cotton string. For this purpose the rack from experiment No. 20 can be applied. When the magnet comes to rest after some time, one of its ends will always point to the North and the other to the South. The magnet has two poles, the north pole and the south pole. Mark its north pole with a colour or a piece of paper. That is the pole pointing in the direction of the Earth's North Pole.

Materials you will need: (20) 10, paper, thread.

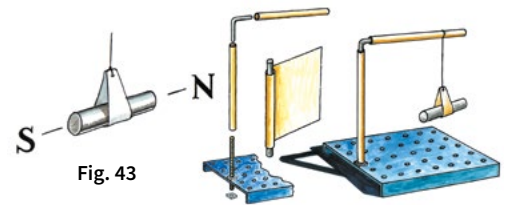


Fig. 43

44. MAGNETISM OF STEEL AND IRON.

1. Repeatedly sweep over the iron knitting needle or a bigger sewing needle with one pole of the magnet, as shown in fig. 44, always in the same direction. Then dip one end of the needle into some iron filings: they will be attracted to the needle, hence the needle is magnetised. An experiment can prove that the needle, too, has two poles. If suspended by a thread, it will assume such a position that one end will point towards the North and the other one towards the South.

2. Apply the same method to magnetise the iron bar from the set. The bar will attract a small number of iron filings only, which means that it is not strongly magnetic. The magnetism will soon disappear. Steel can become a permanent magnet while iron only stays magnetised temporarily.

Materials you will need: 3, 9, 10, an iron knitting needle.

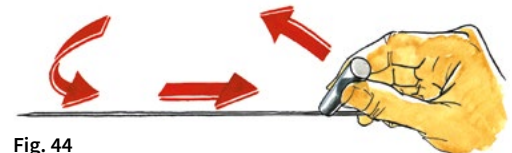


Fig. 44

45. STRONG HEAT DESTROYS MAGNETISM.

Hold a magnetised iron knitting needle over a candle flame for a few seconds and then check its magnetic force. The needle is not a magnet anymore.

Materials you will need: 3, 10, a candle, an iron knitting needle.



Fig. 45

46. BENDING OF A MAGNET (DEMAGNETISATION).

Bend a magnetised iron knitting needle in different directions, repeat the experiment a few times and check the magnetism of the needle. You will discover that through bending the needle has lost its magnetism. Similarly, demagnetisation will result from throwing or striking the needle.

Materials you will need: 3, 10, an iron knitting needle.



Fig. 46

47. MAGNETISATION OF A PENKNIFE.

Sweep a magnet over a penknife blade several times, as shown in fig. 47. Then place its cutting edge near screws or iron filings and you will discover that the knife has become magnetised. Which magnetic pole has been used to magnetise the penknife and which pole is at the tip of the blade? Can a magnetised penknife serve as a compass?

Materials you will need: 3, 5, 10, a penknife.

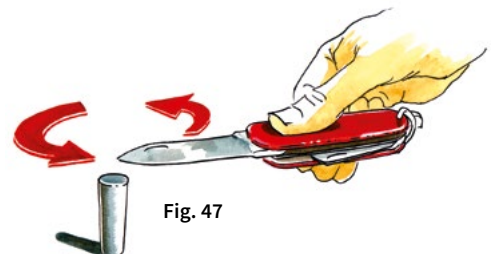


Fig. 47

48. STRENGTH OF A MAGNET.

By now several magnets have been mentioned. Which of them is the strongest and what is its strength? No doubt, the AlNiCo magnet from the set is the strongest. How can the strength of the magnet be tested?

1. In addition to a magnet you will need an armature as well as a cardboard cup, made according to fig. 48 and tied with a piece of thin thread to the armature. Lift the armature and the cup by means of a magnet then keep loading the cup with various articles from the set as long as the magnet is strong enough to attract the burdened armature.

Remember the maximal burden lifted by the magnet. Instead, the cup can be loaded by weights, which will enable you to express the lifting capacity of the magnet more precisely.

2. According to fig. 48, combine the magnet with a core sleeve from the set and burden it with the armature as well as the cardboard cup, as described in the preceding experiment. What is the strength of the magnet now? Although the magnet is the same, its strength has increased. Now both magnetic poles are involved, whereas in the former experiment only one was.

Materials you will need: 10, 17, 18, cardboard, thread, various articles.

49. COMPASS NEEDLE.

The compass, which is included in the set, contains a magnetic needle. As it cannot be removed from the compass, you would better make yourself another one in the following way: Combine two long sewing-needles by joining their needle-eyes with a piece of thin thread.

Then magnetise the newly obtained needle by rubbing one end against the magnetic North Pole and the other end against the magnetic South Pole; repeat this five times or more, moving always in the same direction. In this way the original needles have both become magnetised and function together as a compass needle. If you suspend it horizontally to a 12 - 20 cm long thread and wait until it comes to rest, you will see one end point to the North and the other one to the South.

Materials you will need: 10, two sewing-needles, thread, paper.

50. STRENGTH OF A MAGNETIC FIELD.

Suspend the compass needle horizontally from the rack and wait until it comes to rest.

Then approach it with the north pole of the magnet from a distance of approximately 1 cm. Has the needle moved? Wait until it comes to rest again; then quickly turn the magnet, thus approaching the needle with the south pole. If the compass needle does not move due to the distance, repeat the experiment with a distance of 8 - 9 cm. The magnetic field is very extended although the magnet itself is rather small.

Further, the experiments have proved that the strength of the magnetic field decreases with the square of the distance from the magnet. In other words, the magnetic field immediately surrounding the magnet is the strongest.

Materials you will need: (20), (49), 10.

51. COMPASS.

The set contains a compass that differs a little from the usual type; it has an additional element. A regular compass consists of a compass needle with its blue end always pointing towards north and its red end towards south. The compass needle is supported by a steel point and is free to turn when the compass is held horizontally. The bottom of the compass housing has a compass card, indicating the cardinal points. The usual international markings of the cardinal points are capital letters that stand for the equivalent English terms:

S - South

N - North

E - East

W - West

In addition to the above elements, the compass contains a yellow needle, functioning as a pointer whenever the compass is applied as a galvanoscope. For better understanding, the compass in the experiments in the following figures will contain the blue and red compass needle only.

Materials you will need: 34.

52. RECIPROCAL EFFECT OF MAGNETIC POLES.

1. Approach the south pole of the compass needle with the north pole of the magnet.

2. Approach the north pole of the compass needle with the north pole of the magnet.

3. Repeat the above experiments with the south pole of the magnet.

These simple experiments demonstrate one of the basic laws of magnetism: Like magnetic poles repel and unlike poles attract each other.

Materials you will need: 10, 34.

53. COMPASS IN A MAGNETIC FIELD.

Lay the magnet on the centre of a larger sheet of drawing-paper and use a compass to prove the extent of the magnetic field. Place the compass on at least thirty different spots around the magnet and mark the directions of the needle with small arrows pointing in exactly the same direction as the compass needle does. If you carefully look at these arrows you will see that in the magnetic field the compass needle always assumes the direction of magnetic lines of force.

Materials you will need: 10, 34, paper.

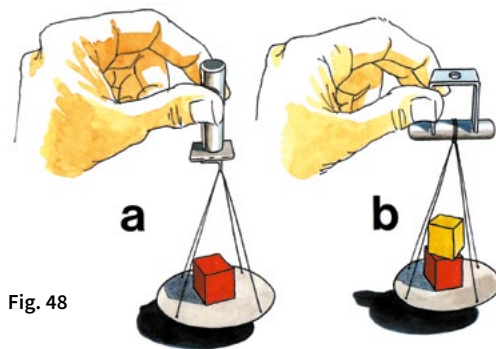


Fig. 48

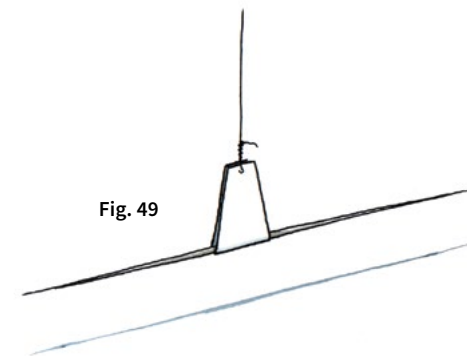


Fig. 49

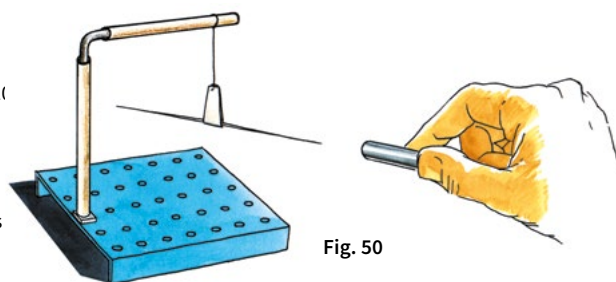


Fig. 50

Fig. 51

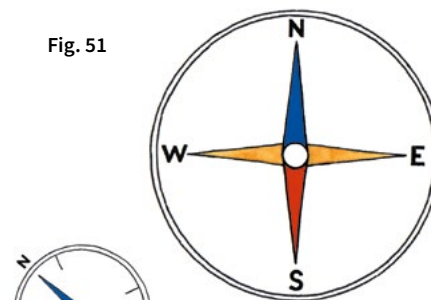


Fig. 52

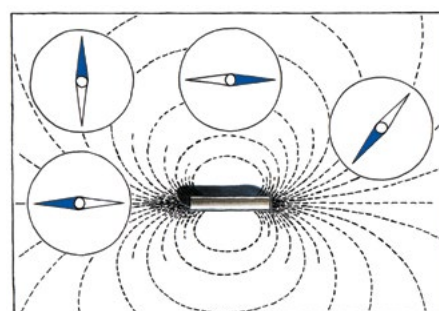
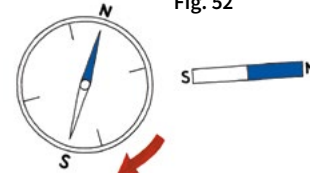


Fig. 53

54. THE EARTH AS A MAGNET.

Fig. 54 shows the Earth with its magnetic lines of force. The straight line North (N) - South (S) represents the geographical axis of the Earth. The fact that the Earth exerts a certain effect on the compass needle leads us to the conclusion that the Earth itself is a huge magnet whose south magnetic pole is situated near the geographic North Pole, and vice versa, its magnetic North Pole near the geographic South Pole. Its field extends all over the Earth. Within this magnetic field the compass needle always aligns itself in the direction of magnetic lines of force, running from the North to the South.

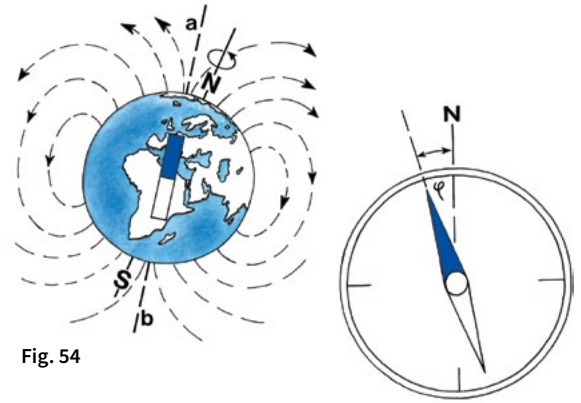


Fig. 54

Fig. 55

55. MAGNETIC DECLINATION.

The compass needle never points exactly towards the North but shows a certain declination from the North. This phenomenon is called magnetic declination. A large number of measurements throughout the years have proved that the magnetic declination differs in various parts of the world and that even on the same spot it is not always steady. As the compass is very important for orientation in traffic, data on the magnetic declination in particular places should be known. Such information is to be found in magnetic charts.

Materials you will need: 34

56. ORIENTATION BY A MAP.

Lay a map of Europe on the table. Place a compass on its edge and turn the map until its edge coincides with the compass needle. In this position the map is aligned towards the North. Then look up the place and point out the directions to some of the European cities. For a very precise orientation, the magnetic declination has to be taken into account. That is the angle between the geographical and the magnetic meridian. In Central Europe it is about 4 degrees towards the West.

Materials you will need: 34, a map of Europe.



Fig. 56

57. BREAKING A MAGNET.

Magnetise an iron knitting needle. By using the compass you can prove that it has both a north as well as a south pole. Break the needle into two. Each half will again prove to be a perfect magnet with its north and south pole. If you go on breaking the halves, they will remain perfect magnets.

Materials you will need: 10, 34, an iron knitting needle.

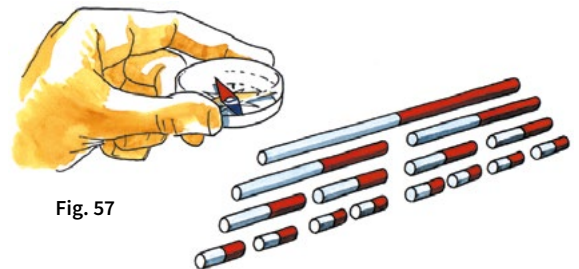


Fig. 57

58. INFLUENCING SMALL MAGNETS.

Shake the box with iron filings to stir up its contents. Then lay a compass on the box. As soon as the compass needle comes to rest assuming the position North-South, slowly turn the box of filings together with the compass (fig. 58 left). The compass needle will not change its direction. Then repeat the experiment by placing the magnet upon the box of filings. After tossing it to stir up its contents (fig. 58 centre), remove the magnet and replace it by the compass. The compass needle will soon come to rest. When the box of filings is turned together with the compass, the compass needle will turn as well. Why?

Material you will need: 3, 10, 34.



Fig. 58

59. MAGNETIC INDUCTION.

Dip any piece of iron from the set into iron filings and you will determine that none are magnetic. Yet, each of these iron pieces will become magnetic if only approached with a magnet (fig. 59). As soon as the magnet is removed, the iron will lose its magnetism. Inducing a magnet in this manner by placing an object within a magnetic field is called "magnetic induction".

Materials you will need: 3, 10, 15.

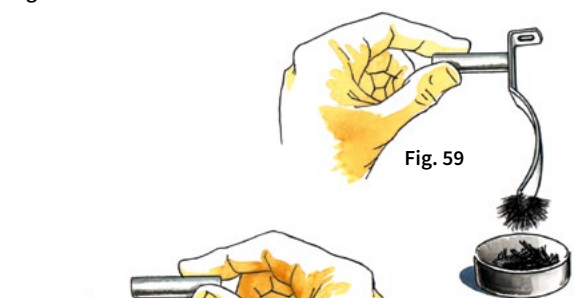


Fig. 59

60. RESIDUAL MAGNETISM.

Dip an iron bar held by means of a magnet into a box of bolts and nuts. The iron bar will attract a lot of bolts and nuts, which indicates that it has become magnetic. Then lift the magnet together with the iron bar, the bolts and the nuts sticking to it, take the iron bar in your hand and remove the magnet. Most of the formerly attracted articles will drop off, which indicates the reduction of magnetism of the iron bar. Yet, you will see that some of the bolts and nuts will keep sticking to the iron, hence the magnetism has not completely disappeared. The described phenomenon is known as residual magnetism, the knowledge of which is very important for the construction of DC generators.

Materials you will need: 5, 6, 10, 16.

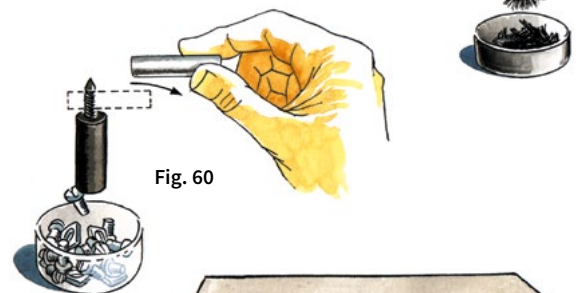


Fig. 60

61. MAGNETIC EFFECT THROUGH DIFFERENT SUBSTANCES.

Fig. 61 shows an experiment where the magnet is separated from the iron nut by a piece of cardboard. In spite of the intervening piece of cardboard the nut is attracted by the magnet. Moreover, by moving the magnet, the nut can be moved as well.

Try the same experiment with a plastic or wooden ruler on which you put the nut. Similar experiments will prove that a magnetic field can act through glass, copper, aluminium, wood as well as many other substances but iron.

Materials you will need: 6, 10, cardboard, wooden ruler.

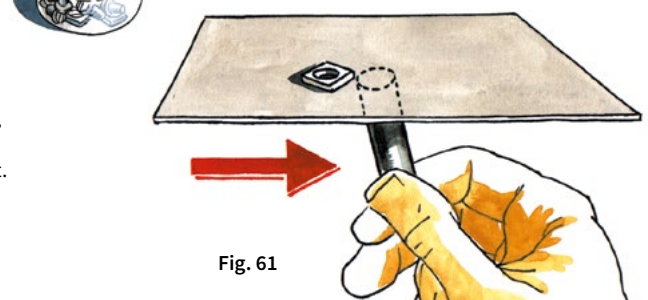


Fig. 61

62. BLOCKING THE MAGNET.

To illustrate this phenomenon, place the magnet from the set inside an iron tin, originally used for sweets or a similar box. By approaching a compass you can make sure that, due to the tin, the magnetic field is considerably weakened. If the walls of tin are thicker, the magnetic effect is entirely blocked.

This proves that an iron shield can prevent any magnetic effect outwards, as well as any effect of external magnets in the shielded area.

Materials you will need: 10, 34, an iron tin.



Fig. 62

63. AN ASTATIC PAIR OF COMPASS NEEDLES.

In technology compass needles that are exempt of any effect of the Earth's magnetism are frequently used. They are known as astatic pairs of needles and can be made in the following way. Magnetise two long sewing-needles in such a way that both needle-eyes become two like poles. Stitch them into a long paper roll but be careful to have two unlike poles on each side (fig. 63). If such an astatic pair of compass needles is further suspended by a thin, untwisted thread, the two compass needles will not align themselves in the direction North-South.

Astatic pairs of compass needles are used in the construction of sensitive galvanoscopes and galvanometers.

Materials you will need: 10, two sewing-needles, paper, thread.

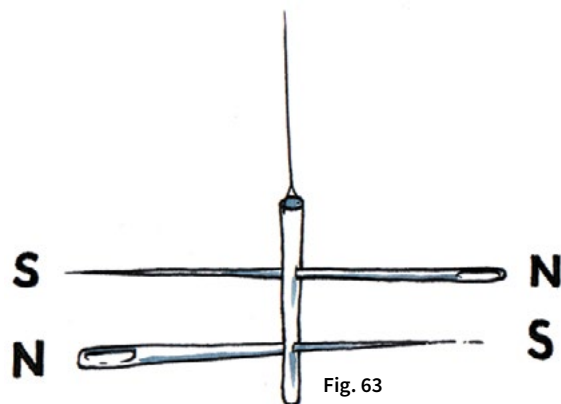


Fig. 63

64. MAGNETIC BRAKE.

Take the rack from experiment No. 20 and, as shown in fig. 64, suspend an aluminium bell with its hollow side turned downwards. The bell should be suspended at exactly the right height to allow enough room for a magnet to be placed underneath. The experiment has two stages:

1. First remove the magnet, mark the bell on its side with a dash and twist it (rotating it) three times, let it freely untwist and count the turns until it comes to rest in the original position.

2. As soon as the bell comes to a full rest, place a magnet below and give it the same twist as before. Counting the turns you will discover that the bell will make less turns and will untwist slower than in the first experiment. What is the reason for that?

You know that the magnet never attracts aluminium, yet the experiment has proved that it can act as a brake. When the aluminium bell turns, the magnetic lines of force produce a certain electric current in the aluminium. Its electric field is inhibited by the magnetic field, which results in a braking effect.

Materials you will need: (20), 10, 13, thread, cardboard.

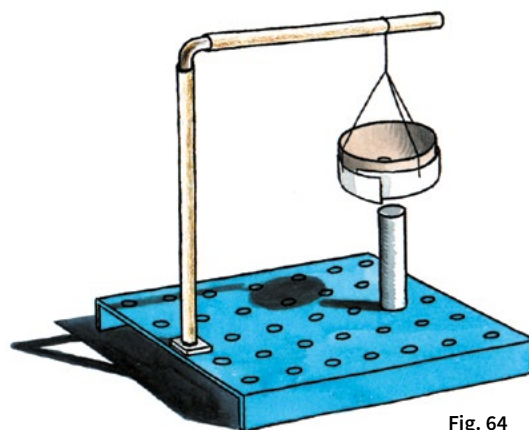


Fig. 64

65. SHIP'S COMPASS.

A ship's compass is slightly different from a regular compass. Try to make a model of a ship's compass yourself.

Cut a disc of about 10 cm in diameter from light cardboard and draw a compass scale similar to the one of our compass. Then draw a scale of 360 degrees alongside the rim, starting with the mark N. To this compass card the compass needle from experiment No. 49 is to be fixed by means of two paper strips; the north pole of the needle should cover the mark N of your compass card. Now suspend this compass by thin untwisted threads from the rack made in experiment No. 20.

In this case not only the compass needle but also the compass card is likely to turn. After some time the compass needle will come to rest and it will point in the direction North-South. Further lay a book bearing a small strip of paper with a vertical line under the compass; the book stands for a ship.

If now the captain orders: "The ship 8 degrees westward", the helmsman will turn the helm and consequently the whole ship so that the vertical line will coincide with the eight degree East of the compass needle that will keep pointing to the North. In order to avoid any faults due to rocking of the ship, the ship's compass is suspended on a double joint:

The so-called cardan joint.

Materials you will need: (20), (49), paper, cardboard, thread, book.

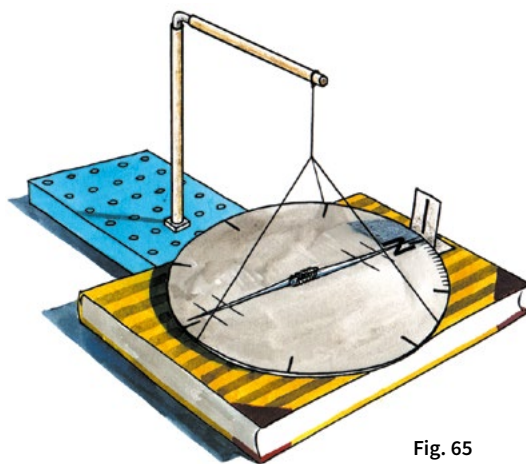


Fig. 65

66. MAGNETIC DEVIATION.

If you obey the captain's order from the preceding experiment, your ship is not any more directed towards the North, but 8 degrees to the West. Now approach your compass with a big hammer or any other iron object.

Due to the fact that iron and magnet are mutually attracted, the hammer will attract the compass needle whereupon the ship will, as a result of arising perturbations, deviate from its course. Such perturbations, likely to occur on every ship, are called magnetic deviations. These phenomena are mainly due to the ship itself, because it is built of iron, as well as the engines that propel it. In addition, the freight containing iron, nickel or cobalt is also likely to cause perturbations.

To be protected against magnetic deviation, the ship's compass is equipped with movable bar magnets and movable iron balls. In your case the magnetic deviation of the compass can be corrected by approaching the compass needle, from the other side, with a piece of iron or a small magnet until the compass returns to the initial position, i.e. 8 degrees to the West.

Materials you will need: (65), a hammer.

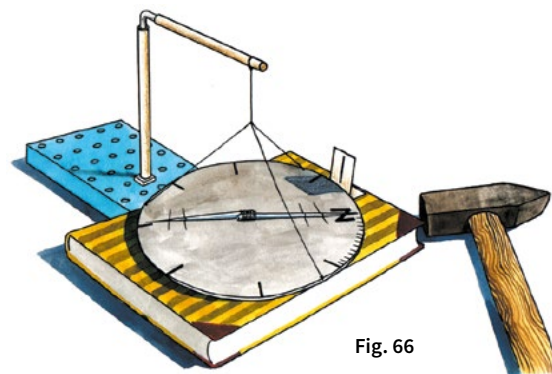


Fig. 66

67. FLOATING COMPASS NEEDLES.

A very interesting experiment showing the result of reciprocal attraction and repulsing of magnetic poles can be made in the following way: Magnetise six sewing-needles in the same sense. Cut six equally shaped cork cubes and push each magnetised needle halfway through them. Make them float in a large non-magnetic container with water, but take care that the eyes of the needles are inside and the points outside the water. Now each needle is a floating magnet. As the like poles are all at the same side, they repel each other, but only for a short time. Their repulsion is counterbalanced by attractive forces between the points and the eyes of the needles, because unlike poles are in question. The described attraction and repulsion result in the formation of different shapes into which the compass needles arrange themselves. Repeat the experiment with five, four or three needles. Note: The container should be large enough and not made of iron.

Materials you will need: 10, container with water, six sewing-needles, six small corks.

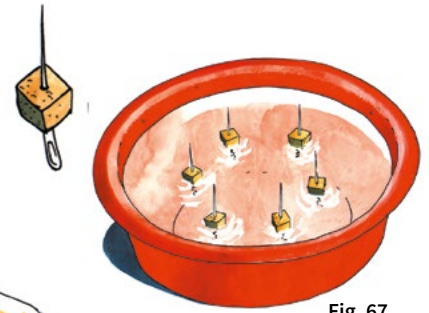


Fig. 67

68. ROTATING MAGNETIC FIELD.

Give the magnet, suspended by a thread, 8-10 twists in the same direction and then let it go. Place the compass directly under the magnet and a few inches away from it. The compass needle will turn as long as the magnet revolves, for the rotation of the magnet is always accompanied by the rotation of its magnetic field.

Materials you will need: 10, 34, paper, thread.



Fig. 68

BATTERIES AND ELEMENTS

69. THE BATTERY.

This battery looks like an upright box. From it two metal terminals project. It has two poles: The smaller one is the positive pole, marked "+", whereas the bigger one is the negative pole, marked "-". The battery poles should be touched as little as possible to prevent the battery from running down immediately. The poles of batteries must not be short-circuited.

70. BATTERY TEST.

The set contains some devices with which you can test the battery. They all use the electric bulb and the galvanoscope. If the bulb lights or if the galvanoscope moves, the battery is faultless. Continuous testing makes the battery run down.

Materials you will need: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, a battery.

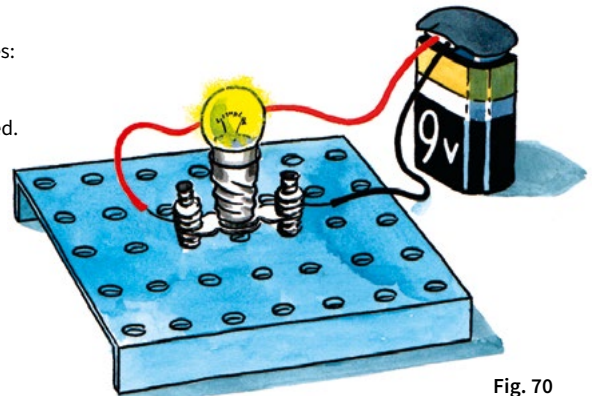


Fig. 70

71. ELECTRIC BULB.

How an electric bulb works can be explained by the following experiment: Drive two nails, spaced 1 cm apart, into a wooden board and connect them with an iron wire with a diameter of 0,1 mm. If you connect the iron wire to the terminals of a new battery (fig. 71 left), the former will turn red. In case the electric current from two batteries was used, the wire would burn out. Electric bulbs are built on the same principle. The globe of glass, from which all the air has been removed, contains a very thin filament of tungsten, i.e. a metal with a very high melting point. When electricity flows through the filament, the latter turns white - hot, but it cannot burn out because all air is removed from the globe and replaced by argon. An electric bulb is very delicate. It should not be dropped or shaken, especially not when lit. Likewise the voltage indicated on the socket should be strictly observed. The bulb from the set can be connected to a 9 V battery. At any higher voltage the filament would burn out.

Warning! The battery is short-circuited. Keep the battery connected only for a short time - just long enough for you to understand the experiment. Be careful not to burn your fingers.

Materials you will need: a wooden board, two nails, iron wire, a battery.

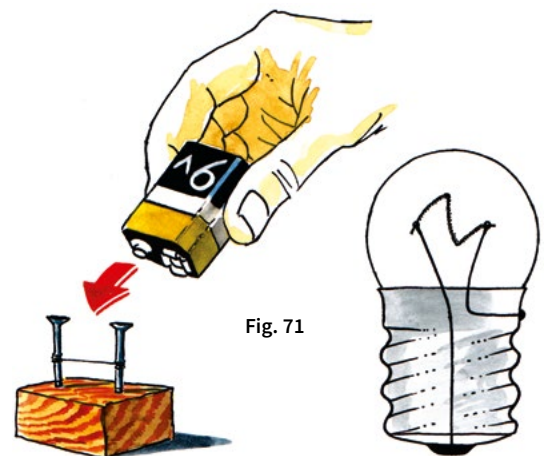


Fig. 71

72. THE INSIDE OF A BATTERY.

A 9 V battery consists of six cells or elements (do not mistake them for chemical elements!). Each cell is made of a zinc can containing a sac with a carbon rod and powdered manganese dioxide, soaked in sal ammoniac solution. Individual cells are interconnected as follows:

Zinc of the first cell is free.

Carbon of the first cell is connected to zinc of the second cell.

Carbon of the second cell is connected to zinc of the third cell.

Carbon of the last cell is free.

There are two terminals projecting out of the battery: one is negative (zinc of the first cell), one is positive (carbon of the third cell).

73. USED BATTERIES.

Batteries last only for a certain time. When run-down, they are usually thrown away. What is used up in a run-down battery? The zinc cans suffer from corrosion and the sal ammoniac solution dries up. The sacs with the carbon rod and powdered manganese dioxide, however, remain perfectly all right. Be sure to throw the run-down batteries into containers intended for batteries.

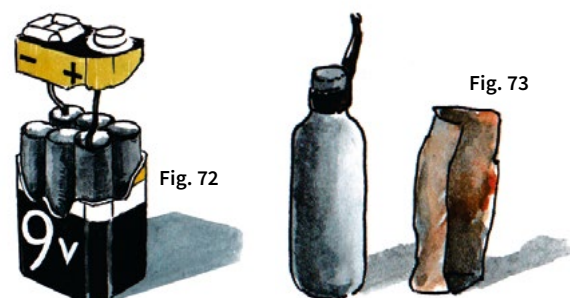


Fig. 72

Fig. 73

74. ELECTRICITY FROM FROG'S LEGS.

In 1791 a famous experiment by Luigi Galvani, a professor of anatomy at the University of Bologna, became public. He had attached a copper hook with two frog's legs to iron bars. These frog's legs swung in the wind, touching the iron bars at times. Whenever it happened, both frog's legs twitched violently as if they had been alive. Galvani thought the twitching to be caused by electricity from the animal's body. Many other scientists at that time believed the same. Alexander Volta, however, was of a different opinion. He was a professor of physics at the University of Pavia.

He too believed that the twitching was due to electricity. Yet, he rejected the belief that it was the "animal electricity" and asserted that the movement was caused by electricity, generated by the direct contact of two dissimilar metals, iron and copper, at one side, whereas at the other side the two metals were indirectly in touch through a moist body that was not necessarily of animal origin.

The argument between Volta and adherents of Galvani went on for many years. It was not until 1799 that Volta managed to build a device that could prove his theory. You will probably build it yourself, but before you do, you should become familiar with the instrument for detecting electricity. It is called a galvanoscope.

75. GALVANOSCOPE.

The galvanoscope from the set consists of three parts: A compass (K), a base (P) and a coil (T). In addition to the red-blue compass needle, the compass contains a yellow one. When using it, insert the compass and the base into the coil and turn the base until the yellow needlepoint faces O. Mind that no magnet or iron object lies in the vicinity of your galvanoscope.

Materials you will need: 1, 34.

76. THE DISCOVERY BY VOLTA.

Rub the zinc (Zn) and the copper (Cu) plates from the set with fine sandpaper, wipe them well and connect them to the galvanoscope by means of two connecting wires, as shown in fig. 76. The yellow needle of the galvanoscope should be in position O.

Try the following experiments:

1. Insert a piece of newspaper between the two plates. The galvanoscope pointer will not move.
2. Soak the paper between the plates in ordinary water. The galvanoscope pointer will move, thus indicating that there is a flow of electric current through the galvanoscope.
3. Now reverse the poles (i.e. the wire attached to the zinc plate is to be connected to the copper plate and vice versa). Again, the galvanoscope pointer will deflect, but in the opposite sense.
4. Press the plates tightly one against the other. This time the pointer deflection will increase.
5. Reduce the size of the plates. The pointer deflection will decrease.

The experiment by Volta differed a little from the one just described above. In his time no galvanoscope, which would detect infinite electric currents, was known. Volta proved the presence of electric current by the so-called Volta pile. He built a pile of zinc and copper disks separated by pieces of moist cloth. He kept the alternating order of zinc and copper disks and thus compiled a stack of about 60 disks. In this pile the two dissimilar metals made contact due to the fluid in the intermediate cloth. Volta realised that this contact generated electric current. This simple invention was the first device (battery), made by man to produce an electric current and it brought Volta immortal fame in the world of science. In his honour the unit of voltage has been called "volt", whereas the corresponding measuring device is known as a "voltmeter". The pair of plates mentioned at the beginning of this experiment is called the Volta cell.

Materials you will need: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, paper, water.

77. CELL MADE OF COPPER, ZINC AND SALT SOLUTION.

Dip a copper and a zinc plate into a glass of salt water and connect them to the galvanoscope by means of two connecting wires. The galvanoscope pointer will show a sizable deflection, indicating the flow of electric current.

Materials you will need: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, a glass of water, salt.

78. POLARISATION AND DEPOLARISATION.

1. Connect a cell of zinc, copper and salt solution to the galvanoscope as explained in experiment No. 77. Now observe the galvanoscope pointer carefully. First it will deflect, indicating the generation of electric current in the cell but then it will gradually return to its zero setting. This is obviously due to the decrease of electric current. If salt is added, an increase of electric current will occur but it will not last long. What is the reason for the decrease of the electric current? Hydrogen bubbles, resulting from the splitting of dissolved salt, accumulate on the copper plate and hinder the process that occurred in the cell. This phenomenon is called polarization.

2. If you remove the accumulated bubbles with a stick or a piece of cloth the cell will continue to generate the electric current.

3. Then pour some of the solution away and fill the cell with fine clean sand. This cell will keep producing an electric current for a longer time. This occurs because the hydrogen bubbles combine with oxygen from the air and from water, the air being between the grains of sand. So polarization is prevented, consequently, sand acts as a depolariser.

Materials you will need: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, a glass of water, salt, sand.

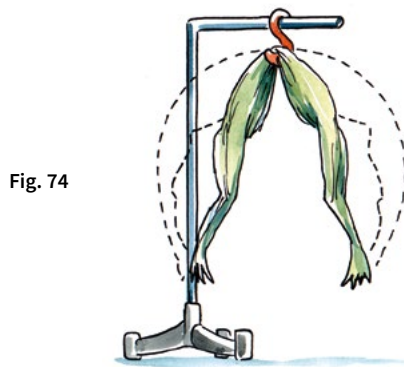


Fig. 74

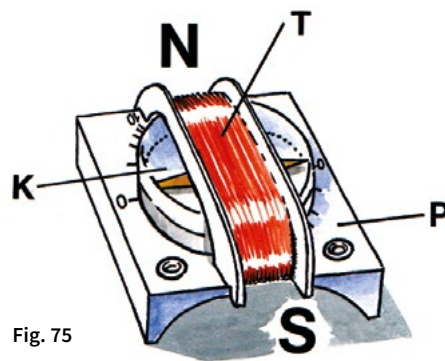


Fig. 75

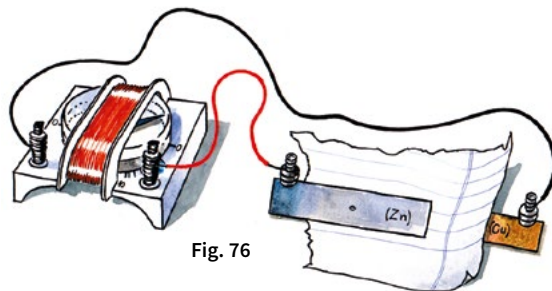


Fig. 76

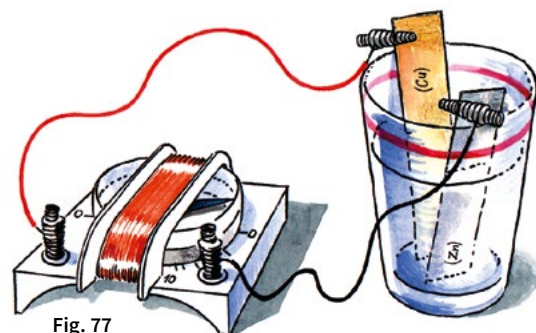


Fig. 77

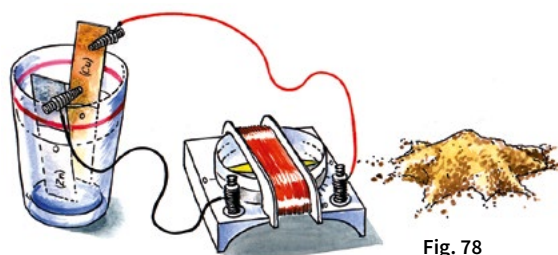


Fig. 78

79. LECLANCHE CELL.

A 9 V battery consists of six Leclanche cells in which zinc acts as the negative pole, carbon as the positive pole and manganese oxide as depolariser. The electrolyte (a liquid between two poles) is a sal ammoniac solution in the ratio of 1:3. This liquid is mixed with some starchy substance that prevents it from being fluid. This is a so-called dry cell.

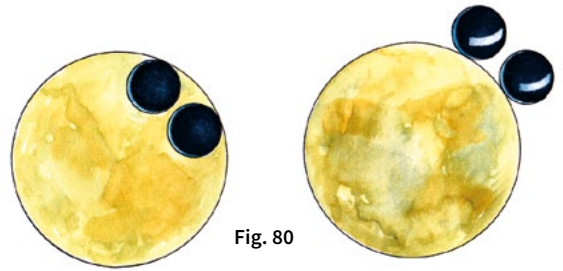


Fig. 80

80. THE PROCESS OF ELECTRIC GENERATION IN A CELL.

Under the effect of electric forces between liquids (the electrolyte) and metals (poles), the latter tend to give off positive ions. This results in an excess of electrons gathering on the metals, i.e. on the zinc plate. If you now joint the zinc and the carbon (or the copper, as shown in the preceding experiment) with an external electric conductor, the electrons will rush from the zinc plate, overflowing with electrons, towards the copper one, where they are fewer. This movement of electrons produces the electric current. Yet, what are ions? As you know, substances are made up of molecules and atoms, and the latter again consist of a nucleus orbited by electrons. Each atom has a number of electrons. However, sometimes an atom or a group of atoms may lose a few electrons, thus becoming an ion. The same happens if an atom or a group of atoms gains more electrons than required. In the first case the ion is positive, in the second case it is negative.

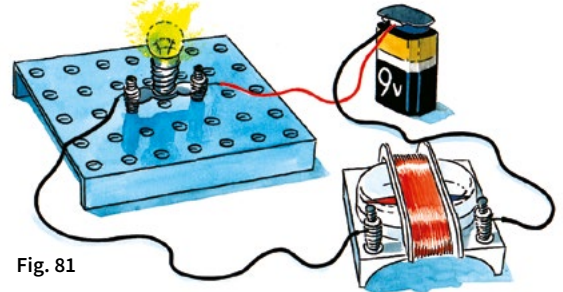


Fig. 81

81. ELECTRIC CIRCUIT.

Fig. 81 represents the electric circuit of a battery, an electric bulb, a galvanoscope and corresponding connecting wires. In this case the current flows from the battery to the bulb, then from the bulb to the galvanoscope and at last from the galvanoscope to the battery. As long as there is a flow of current, the bulb will light and the galvanoscope pointer will stay deflected. If, however, the circuit is disconnected the flow of current will stop, because it is possible only in a closed circuit.

Materials you will need: 1, 4 x 7, 8, 14, 33, 34, 35, a battery.

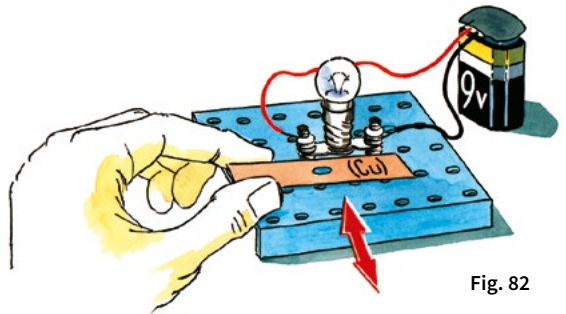


Fig. 82

82. SHORT-CIRCUIT.

By using an electric bulb and a battery, close the electric circuit as shown in fig. 82. The bulb will light up, but it will go out as soon as you touch the two battery poles with a copper plate or any other metal object. The above phenomenon is called short-circuit. It is followed by a quick discharge of the battery because there is a very strong current flowing without any resistance (via the short-circuiting bridge) from the negative to the positive battery pole. To assure long battery life any shortcircuit should be avoided.

Materials you will need: 2 x 7, 8, 14, 24, 33, 35, a battery.



Fig. 83

83. FUSE.

The household mains voltage is 230 V. In order to prevent any damages due to shortcircuiting, the electric line has built-in fuses. They are placed above the electric meters and can be either on an electromagnetic or a thermal basis. In this case thermal fuses are in question. The fuse (fig. 83) consists of a ceramic cylinder containing a thin wire that overheats and melts away in case of a short circuit. In such a case the fault is first to be traced in the mains network. The reason for the blown fuse can be either overloading of the network (a current overload - sum of loads) or a shortcircuit on one of the consuming devices connected. As soon as the cause that made the fuse blow is removed, a new fuse is to be inserted. It is forbidden and very dangerous to repair a blown fuse by means of a wire, as shown in fig. 83. This may result in fire or serious damage to the electric appliances.

84. AN ELECTRIC KEY.

Fig. 84 shows an electric key and its connection to the battery and the electric bulb. By pressing the key you close the electric circuit. The bulb will light as long as the key is pressed. This device can be applied in a bedside lamp or most usually in the electric bell.

Materials you will need: 2 x 5, 2 x 6, 6 x 7, 8, 14, 24, 28, 33, 35, a battery.

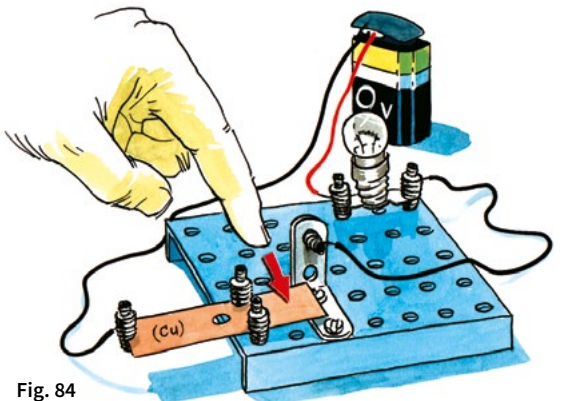


Fig. 84

85. MAKING A FLASH TELEGRAPH SYSTEM.

The key built in experiment No. 84 can be used as a telegraph system. The messages are transmitted by means of the Morse alphabet in the form of long and short light signals (fig. 85). The advantage of this telegraph system is that no connecting wires are necessary for signal transmission. Its disadvantage is that it can be applied only in places within the distance of sight and that no signalling by daylight is possible. Should the message remain secret, a special ciphered signalling is to be applied.

A	..	J	.-.-.	S	... .	1	.-.-.-.
B	....	K	-. -.	T	-	2	..-.-.
C	..-..	L	..-..	U	..-.	3	...-.-
D	... .	M	--	V	...-.	4	..-.-.
E	..	N	-. -	W	-. -.-	5	...-..
F	...-.	O	---	X	-. -.-.	6	...-..
G	---	P	..-.-.	Y	-. -.-.	7	..-.-.
H	....	Q	-. -.-.	Z	-. -.-.	8	..-.-.
I	..	R	..-.			9	..-.-.
						0	..-.-.

Fig. 85

86. SWITCH.

The electric key from experiment No. 84 is suitable for such installations only where the electric circuit is closed for a short time, as for instance in case of the flash telegraph system or the electric bell. Should the circuit be closed for a longer time, a switch is required. Its principle is shown in fig. 86. By turning the switch lever to the left you will close the electric circuit and the bulb will light until the lever is turned to the right. In case of home wiring switches, the lever, housed in an insulated casing, is always turned in the same direction. Be careful not to touch the metal parts of the switch with your hand, because they are under high voltage.

Materials you will need: 3 x 5, 3 x 6, 4 x 7, 8, 14, 24, 2 x 28, 33, 35, a battery.

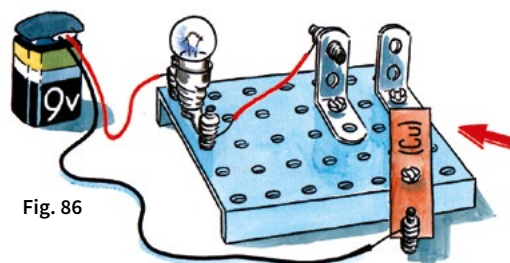


Fig. 86

87. ONE SWITCH FOR TWO ELECTRIC BULBS.

The same switch can be used to switch on and off several electric bulbs. Fig. No. 87 represents two electric bulbs supplied in turns by the same battery. A similar switch for three bulbs would be required e.g. in traffic lights where the red, the yellow and the green light flash up in turns.

Materials you will need: 3 x 5, 3 x 6, 7 x 7, 8, 2 x 14, 24, 2 x 28, 33, 2 x 35, a battery.

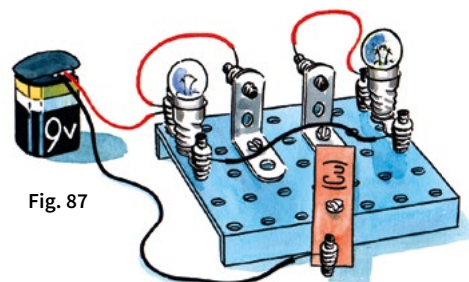


Fig. 87

88. TWO SWITCHES FOR ONE ELECTRIC BULB.

What type of installation is required if an electric bulb is in the middle of the staircase, and we wish to switch it on and off, both on the ground floor as well as on the first floor?

For this purpose two switches, an electric bulb, a source of power (in your case a battery) and corresponding connecting wires are necessary. The parts in the set are suitable for the assembly of two switches, placed on either side of the base. Fig. 88 shows their interconnection as well as their connection to the electric bulb and the battery. Each switch can be applied for both switching on and off. Besides, the electric bulb can be switched on by one switch and then switched off by the other. The above installation is known as corresponding.

Materials you will need: 6 x 5, 6 x 6, 8 x 7, 8, 14, 23, 24, 4 x 28, 33, 35, a battery.

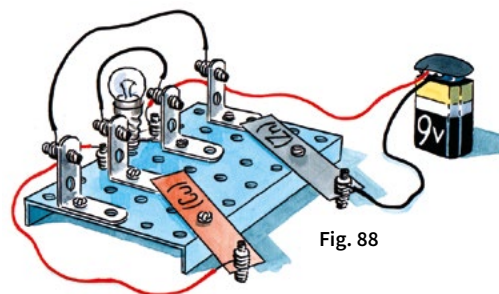


Fig. 88

89. ELECTRIC BULBS CONNECTED IN PARALLEL.

1. Connect three equal bulbs to a battery. Note: They will all light up to full brightness as soon as the circuit is closed. What is the consumed power? The battery voltage is 9 V. Each bulb consumes 0.05 A. The electric power is $P = 9 \text{ V} \times (3 \times 0.05) = 1.35 \text{ W}$.

2. Unscrew one of the three bulbs; the other two will continue glowing. The parallel type of connection is generally used for house wiring.

Materials you will need: 6 x 7, 8, 3 x 14, 33, 3 x 35, a battery.

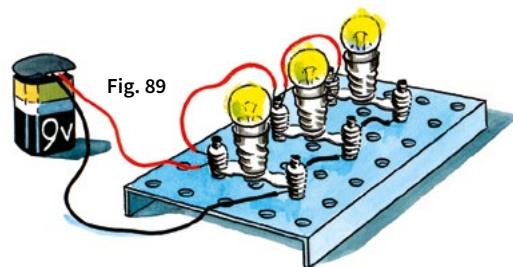


Fig. 89

90. ELECTRIC BULBS CONNECTED IN SERIES.

1. Connect a series of three bulbs to a battery. A single bulb will light up to full brightness, two bulbs connected in series (i.e. one after another) will glow much less brightly, whereas the light of three bulbs connected in a series will be hardly perceptible. In the first case the battery voltage is 9 V and the current through the bulb 0.05 A. For two bulbs connected in series the voltage should be twice as high and for three bulbs, three times as high as in the case of a single bulb.

2. Unscrew one of the bulbs connected in a series and you will see all the remaining bulbs go out as well, because the electric circuit has been opened.

Materials you will need: (89).

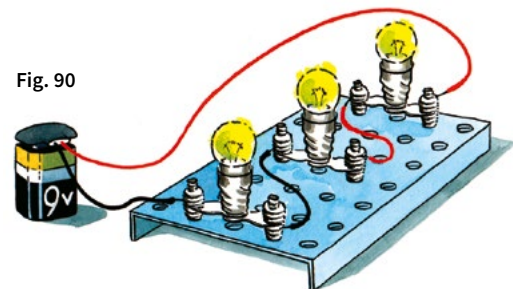


Fig. 90

91. BATTERY VOLTAGE INCREASE.

1. In experiment No. 72 the inside of a battery was described. You may remember that it consists of six cells in which the carbon rods function as positive electrodes, whereas the zinc cans and the electrolyte (sal ammoniac solution) function as negative electrodes. The manganese oxide is a depolariser. The above mentioned cells are connected in a series. The voltage of each individual element is 1.5 V, hence the whole battery voltage is $6 \times 1.5 = 9 \text{ V}$ (see fig. 91 left).

2. If two batteries are connected in a series, as shown in fig. 91 right, the voltage of the new battery will be $2 \times 9 = 18 \text{ V}$.

Materials you will need: 2 batteries.

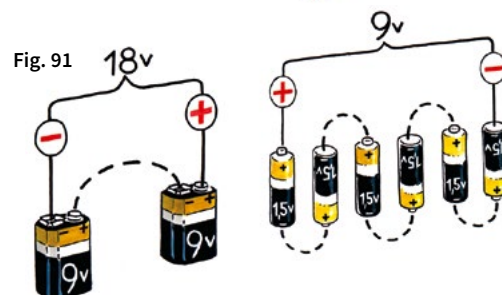


Fig. 91

92. INCREASE OF BATTERY STRENGTH.

Buy a new battery which generates the necessary current. This will do for supplying 3 electric bulbs, each consuming 0.05A. If a more powerful source is required, a few batteries can be connected in parallel, as shown in fig. 92. Although the voltage of each battery is 9 V, the total voltage will not be higher; on the other hand the amperage, i.e. the capacity of batteries connected in parallel will increase.

Materials you will need: 33, 3 batteries.

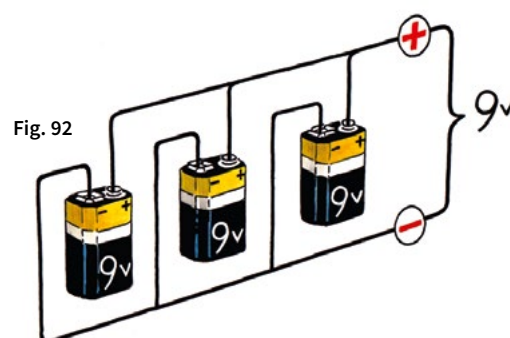
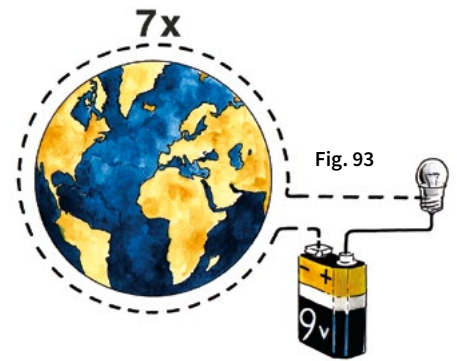


Fig. 92

93. THE SPEED OF ELECTRICITY.

An electric signal can orbit the Earth seven times in a second. Hence the speed of electricity is 300,000 kilometers per second. (The experiment shown in fig. 93 is in fact impracticable. The picture should only help you to imagine the speed of electricity).



94. CONDUCTIVITY TESTING.

Use the parts of the set to build a conductivity tester, applied in testing different materials (shown in fig. 94).

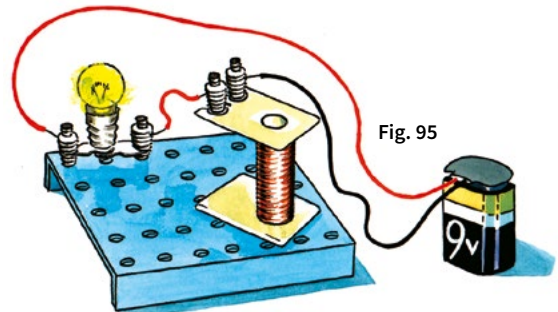
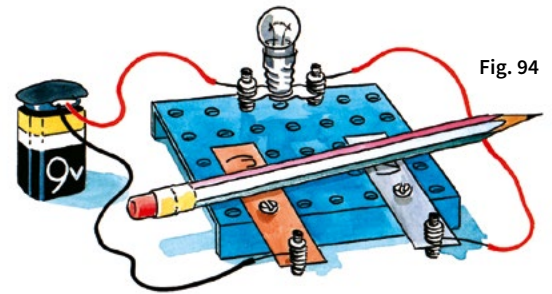
1. Rough testing: Lay the object that is to be tested upon the conductivity tester. The object should touch both plates, for only then is the electric circuit closed. If the bulb lights up, the tested object is a conductor. Try e.g. a pencil, a piece of cardboard, the rheostat from the set. If these objects are applied the bulb will not light up, which may lead to the assumption that the mentioned objects are insulators. Yet, it is not true. Experiment No. 18 for instance proved that by means of a pencil a loaded electroscope can be discharged.

How can this paradox be explained? As you know, in this case the voltage is 9 V, whereas in experiment No. 18 it amounts to many hundred V. The fact whether objects are conductors or insulators does not depend on the composition of the object only but also on the electric voltage. Hence it can be said that there are no ideal insulators or conductors. Only good insulators and good conductors can be found. Some good conductors are e.g.: Silver, copper and aluminum, whereas good insulators are: glass, rubber, china polyethylene and some others.

2. Replace the bulb of the previously described tester with a galvanoscope. Again test the conductivity of the rheostat wire and the galvanoscope pointer will deflect, which means that the constant wire is a conductor, though not as good as a copper wire.

3. Further test the conductivity of a potato. Cut a big potato in two halves and put one half on the metal plate of your tester. Most probably the bulb will not light up, whereas the galvanoscope pointer will deflect, proving that a potato allows electricity to flow through; the larger the contact surface and the higher the pressure, the greater its conductivity. In no case should broken electric wires, belonging either to the mains or to the telephone and telegraph network, be touched. It is particularly dangerous to touch conductors with a wet hand or with wet objects held in your hands (e.g. when flying kites).

Materials you will need: 2 x 5, 2 x 6, 4 x 7, 8, 14, 23, 24, 33, 35, a battery and various objects.

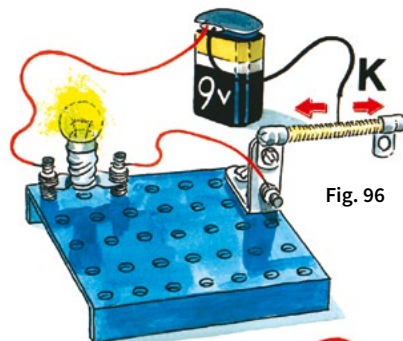


95. CONDUCTOR RESISTANCE.

1. Take an electric bulb, a coil and a battery to close the electric circuit as shown in fig. 95. The bulb will glow very faintly. It is clear that less current flows through the long and thin wire of the coil than through the much thicker and shorter connecting wire. If the coil is removed from the circuit, the electric bulb will glow at full brightness. The conductor offers resistance to the current. Make similar experiments with the galvanoscope and rotor coil.

2. Connect an electric bulb, a coil and a battery to close the electric circuit. The bulb will glow very faintly, but now you are to concentrate on a special phenomenon. Open the circuit and the light will go out. Will the bulb light up as soon as the electric circuit is closed again? The experiment will show you that it will not light up immediately because there is a certain lapse of time between the moment of closing the circuit and the lighting up of the bulb. This delay is due to the special characteristic of the coil, which represents a current resistance not only because of the length of its wire but rather because the wire is wound. Thus at closing the circuit the coil generates a so-called inductive current, which resists the electric current from the battery. The coil represents an inductive resistance, whereas the conductor itself is a galvanic resistance.

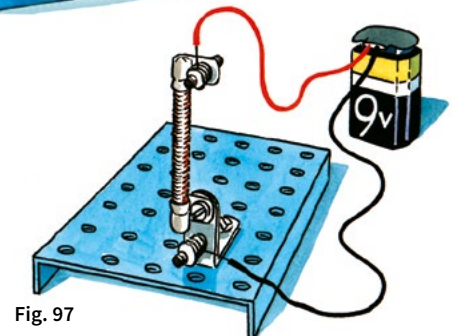
Materials you will need: 4 x 7, 8, 11, 14, 33, 35, a battery.



96. RESISTOR OR RHEOSTAT.

In the set there is also an item called resistor or rheostat. It consists of a core made of an insulating material around which a constantan wire, with great electrical resistance, is wound. Connect the rheostat, an electric bulb and a battery to close the circuit as shown in fig. 96. Try to move the gliding contact along the rheostat and the bulb will glow at greater or smaller brightness, depending on whether the resistor is getting shorter or longer.

Materials you will need: 2 x 5, 2 x 6, 3 x 7, 8, 14, 30, 33, 35, a battery.



97. ELECTRIC HEATER.

To close the electric circuit connect the rheostat to the battery terminals as shown in fig. 97. The resistor wire that the electric current flows through will heat up. You have made heat. Numerous household appliances work on the same principle, e.g.: electric cooker, electric iron, electric water-heaters, radiators etc. In all the mentioned appliances the electric energy is converted into heat.

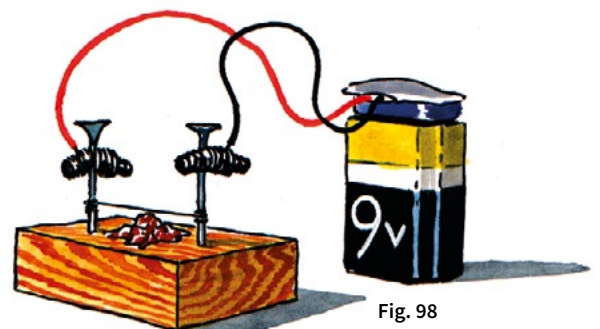
Materials you will need: 2 x 5, 2 x 6, 2 x 7, 8, 28, 30, 33, a battery.

98. ELECTRIC IGNITER.

Drive two nails into a small wooden board 1 cm apart and interconnect them with a 0.1 mm iron wire. Strew the wire with broken match-heads and connect it to the battery, as shown in fig. 98. The bits of match-heads will catch fire. Because of the effect of the electric current the iron wire has heated up so much, that it caused the ignition of the phosphorus. That is the principle of explosive charges applied in mines and quarries.

Note: Execute the experiment on an unflammable base.

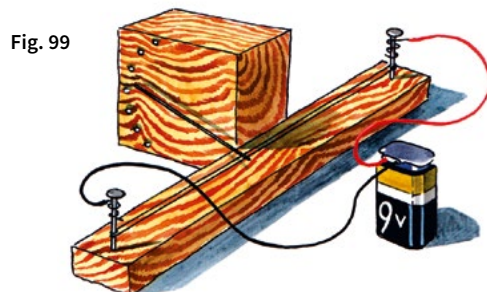
Materials you will need: 2x7, 33, a small wooden board, two nails, iron wire, a battery.



99. HOT-WIRE AMMETER.

Drive two strong nails into a 20-25 cm long and 3 cm wide wooden board. Interconnect them with a double 0.2 mm constantan wire and attach a pointer that is in fact a small wooden or paper stick, as shown in fig. 99. This is the model of a hot-wire ammeter. If both ends of the wire are connected to the battery, the pointer will deflect, as the wire will heat itself up – and stretch – because of the electric current.

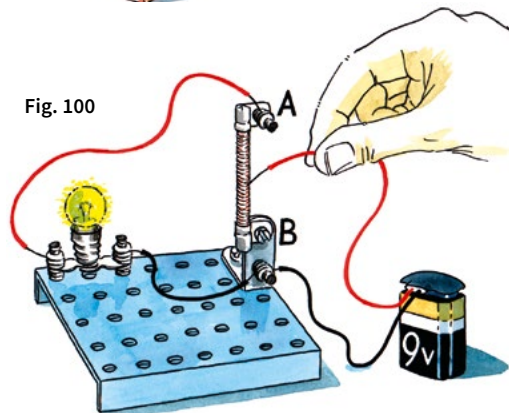
Materials you will need: 33, 37, a wooden board, 2 nails, a stick, a battery.



100. POTENTIOMETER.

Connect an electric bulb, a resistor and a battery to close the electric circuit as shown in fig. 100. In this case the resistor stands for a potentiometer. Experiment: Let the free end of the wire, leading from the battery, touch the potentiometer in point A. The electric bulb will glow with full brightness. Then move the contact slowly from point A to point B. The brightness of the bulb will slowly decrease until the light will finally go out in point B. The voltage drops because of the resistor through which the electric current flows through. As in point A the bulb is directly connected to the battery, it is supplied by an unreduced voltage of 9 V. Should the contact move towards point B, the voltage will drop because the resistance has increased. Halfway between A and B the voltage will be 4.5 V, whereas in point B the voltage will disappear and the light will go out.

Materials you will need: 5, 6, 4 x 7, 8, 14, 28, 30, 33, 35, a battery.



101. OHM'S LAW.

Connect three 1.5 V batteries in a series as described in experiment No. 91. Then connect such a voltage source to a bulb as shown in fig.101. If only one cell (1.5 V) is used, the bulb will not glow. In case of two cells the voltage will increase to 3 V (1.5x2), hence the bulb will glow faintly. Should three cells be applied, the bulb will glow strongly, as the voltage is higher (1.5 Vx3 = 4.5 V). We can go on till 8 batteries (8x1.5 V =12 V) since the bulb is intended for a voltage of 12 V. From this experiment you can conclude that the strength of the current (amperage) increases with the increasing voltage. Besides, experiment No. 96 taught us that the weaker the conductor resistance, the stronger the electric current and vice versa. Hence, current, voltage and resistance are in a relationship to each other that has been formulated in Ohm's law which reads: The greater the voltage and the smaller the resistance, the stronger the current. If current, voltage and resistance are marked by international symbols, where

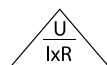
I = denotes current (measured in amperes - A)

U = denotes voltage (measured in volts - V)

R = denotes resistance (measured in ohms - Ω), then the ensuing formula is:

$$I = U / R$$

A simple way to remember Ohm's law is by using the Ohm's law diagram.



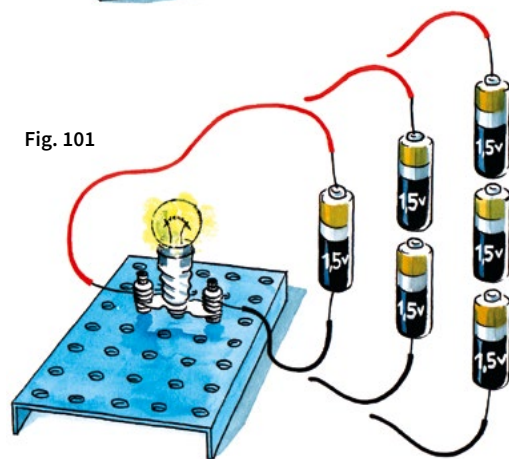
To determine the value of the unknown quality, cover the corresponding symbol with your finger and the remaining symbols will indicate whether the values are to be multiplied or divided, hence:

$$I = U/R$$

$$U = I \times R$$

$$R = U/I$$

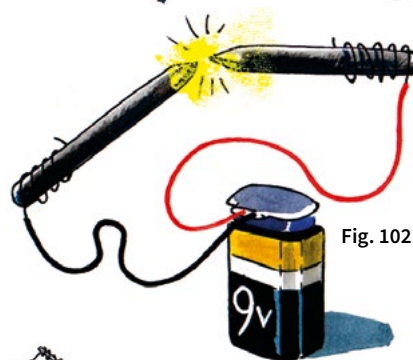
Materials you will need: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, three batteries.



102. ELECTRIC ARC.

Sharpen two carbon rods and connect them to a battery, as shown in fig. 102. Make the carbon rod points touch each other and then separate them slowly. You will notice a small, yet very bright electric arc arising between the two points. By using two or more batteries repeat the same experiment under water. The electric arc was used as a source of light in earlier film-projectors and its application extended even to the public lighting system.

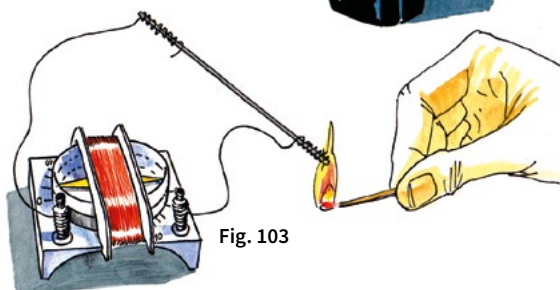
Materials you will need: 33, two carbon rods, a battery.



103. THERMOCOUPLE.

Fix a piece of 0.2 mm constantan wire to both ends of a 12-13 cm long iron wire and connect the former to the galvanoscope, as shown in fig. 103. As soon as the pointer comes to rest (the yellow pointer pointing to zero), strike a match and heat up one of the two junctions with it. The galvanoscope pointer will deflect. This combination of two dissimilar metals, called thermocouple, has been widely used in engineering, especially in measuring high temperatures in ironworks, manufacturing of ceramic articles, etc.

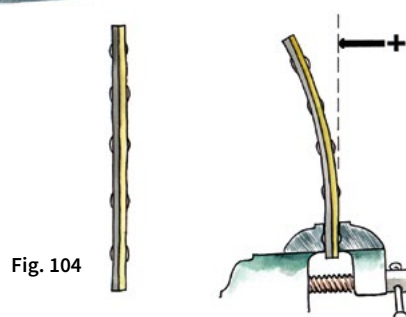
Materials you will need: 1, 2 x 7, 9, 34, 37, matches.



104. BIMETAL STRIP.

Place a piece of sheet iron (10x1 cm) on a piece of sheet zinc or aluminium of the same size and screw them firmly together. If now, holding one end of this bimetal strip with a pair of tongs, you proceed to heat it, the bimetal strip will react to the variation in temperature by bending from its original shape. This happens because the thermal expansion coefficient of zinc is bigger than that of iron. Bimetal strips are used in thermostats. A thermostat is an electric device intended to open a circuit at a certain temperature, but as soon as the latter drops (or rises), the role of the thermostat is to close the circuit again (fig. 104 right). In this way the temperature of a refrigerator, an electric cooker, a water-heater etc. can be maintained constant or within two set limits.

Materials you will need: sheet iron, sheet zinc, rivets.



105. MEASUREMENT OF RESISTANCE.

Measurement of resistance is done by means of the "Wheatstone bridge", represented in fig. 105. It is built in the following way:

1. Drive two nails 50 cm apart into a 60 cm long and 8 cm wide wooden board. Interconnect them with a constantan wire and connect both ends of the latter to the galvanoscope with its yellow pointer adjusted to zero.
2. Other elements of the Wheatstone bridge are: The resistor (No. 33 in the set) with the resistance of 70 Ohm, a coil whose resistance is to be measured, and a battery. These elements are connected as shown in the figure.
3. Touch the resistor wire with a contact leading from the battery, and the galvanoscope pointer will deflect. However, it will deflect even if the resistor wire is touched at any other spot, except for one. Remember this spot and mark it with a "C". Presume that in this very spot the resistor wire is divided into two sections of unequal lengths, marked "d1" and "d2". These two lengths can be measured, they are e.g.: d1 = 30 cm and d2 = 20 cm. The coil resistance can be determined by the following formula:

$$X = R \times d1/d2$$

$$X = 70 \times 30/20 \Omega$$

$$X = 105 \Omega$$

Thus in our case the coil resistance is 105 Ohm. A full explanation of the mentioned formula can be found in any manual on physics.

Materials you will need: 1, 6 x 7, 11, 30, 33, 34, 37, a battery, two nails, a wooden board.

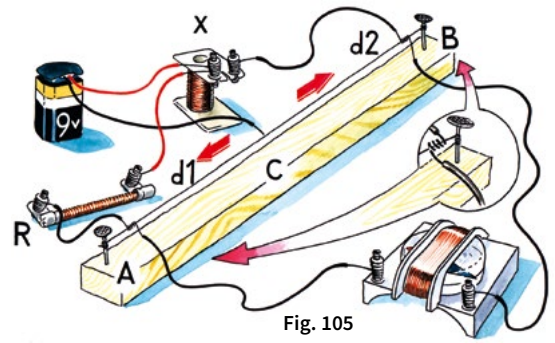


Fig. 105

106. RELATIONSHIP BETWEEN TEMPERATURE AND RESISTANCE OF CONDUCTION WIRE.

1. Drive two small nails into a small wooden board and interconnect them with a piece of 0.1 mm iron wire, twisted into a spiral. Connect the spiral, the bulb and the battery to close the circuit as shown in fig. 106. As soon as the circuit is closed, the bulb will light up. Yet, if the spiral is heated up, the light will go out, which is proof that due to high temperature the iron wire resistance has increased.
2. Repeat the experiment by using a constantan spiral of the same size. In spite of increased temperature, the constantan wire resistance has not changed.

Materials you will need: 4 x 7, 14, 33, 35, a wooden board, two nails, iron wire, candle, a battery.

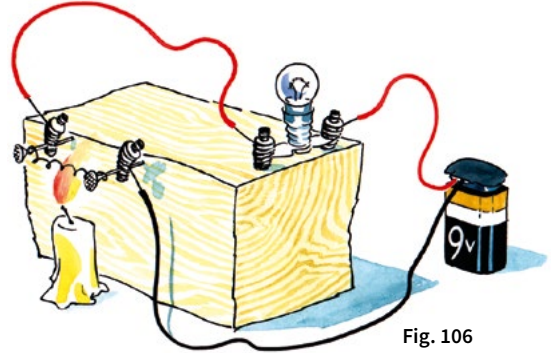


Fig. 106

ELECTROMAGNETISM

107. MAKING AN ELECTROMAGNET.

Wind about 20 or 30 windings of insulated copper wire around the iron bar from the set. For better electric conjunction scrape the isolation from the two endings of the copper wire. Connect the free ends of the wire to the battery and dip the iron bar into a pile of iron filings. As soon as the electric circuit is closed, the iron bar will become a magnet. Should you open the circuit, the bar will lose its magnetism.

The electromagnet was invented this way.

Warning! The battery is short-circuited. Keep the battery connected only for a short time - just long enough for you to understand the experiment. Be careful not to burn your fingers.

Materials you will need: 3, 2 x 7, 9, 33, 36, a battery.



Fig. 107

108. OERSTED'S DISCOVERY.

Like many other important discoveries, the discovery of the electromagnet was quite accidental. The Danish scientist Hans Christian Oersted noticed that a current-carrying wire, placed parallel to a compass needle, made the latter deflect.

Repeat this experiment in the following way: Hold a piece of wire, the ends of which are connected to the battery terminals, above the compass needle. The compass needle will deflect and will remain in this position as long as the electric circuit is closed. As soon as the circuit is opened, the compass needle will assume the initial position. Should the connections to the battery terminals be reversed, the compass needle will deflect in the opposite direction.

Warning! The battery is short-circuited. Keep the battery connected only for a short time - just long enough for you to understand the experiment. Be careful not to burn your fingers.

Materials you will need: 33, 34, a battery.

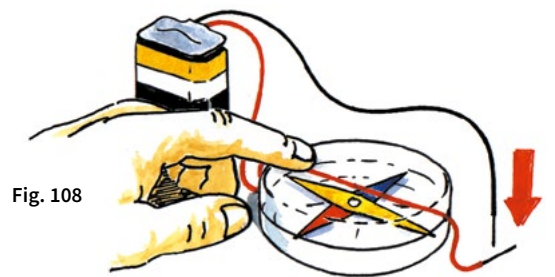


Fig. 108

109. SUMMING UP MAGNETIC FIELDS.

Loop an insulated copper wire a few times around the compass and connect it to the battery after each turn. The more windings, the greater the compass needle deflection. Evidently a magnetic field develops around each winding and the resulting magnetic field around the solenoid is the total of all individual fields of windings.

This is the principle applied in your galvanoscope as well as in all other electromagnets.

Warning! The battery is short-circuited. Keep the battery connected only for a short time - just long enough for you to understand the experiment. Be careful not to burn your fingers.

Materials you will need: 2 x 7, 33, 34, 36, a battery.

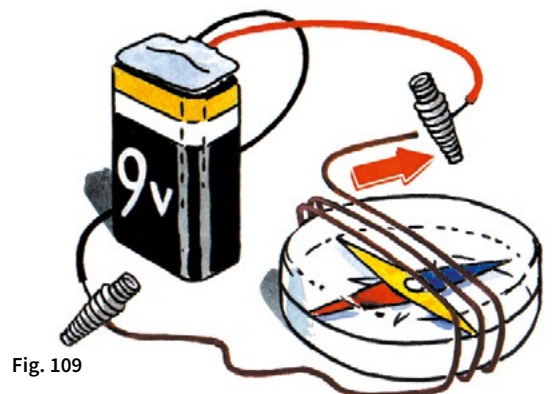


Fig. 109

110. MAGNETIC FIELD AROUND A CURRENT-CARRYING CONDUCTOR.

1. Push a piece of copper wire through the centre of a large piece of cardboard, as shown in fig. 110. Connect both wire ends to the battery, and by using a compass, check the magnetic field of the conductor. Your task is to discover the extent of the magnetic field as well as its strength. The experiment is made by a continuous closing and opening of the circuit whereby the deflection of the compass needle in different positions should be observed carefully.

2. Another way of showing the magnetic field is by sprinkling iron filings all around the wire that goes through the centre of the cardboard. Tap the cardboard slightly and the filings will align themselves in constantly increasing circles.

Warning! The battery is short-circuited. Keep the battery connected only for a short time - just long enough for you to understand the experiment. Be careful not to burn your fingers.

Materials you will need: 3, 34, 36, cardboard, a battery.

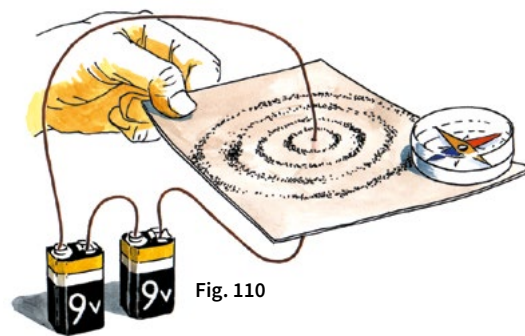


Fig. 110

111. A SOLENOID ACTING LIKE A MAGNET.

The set contains a solenoid of 1000 windings of insulated copper wire. Place the solenoid about 2 cm from the compass and, according to fig. 111, allow the current from a battery to flow through its windings. As soon as the circuit is closed the compass needle will deflect and will remain in that position as long as there is a flow of current through the solenoid. Should the circuit be opened, the compass needle will assume the initial position.

Materials you will need: 2 x 7, 11, 33, 34, a battery.

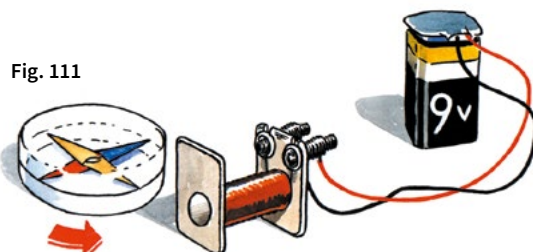


Fig. 111

112. IRON-CORED SOLENOID.

Repeat the preceding experiment and remember the compass needle deflection. Open the circuit in order to insert an iron core (not a magnet) from the set into the solenoid. Upon closing the circuit, the deflection of the compass needle will be much more distinct, since the iron core inserted into the solenoid has increased the magnetic strength of the latter.

Materials you will need: 2 x 7, 11, 16, 33, 34, a battery.

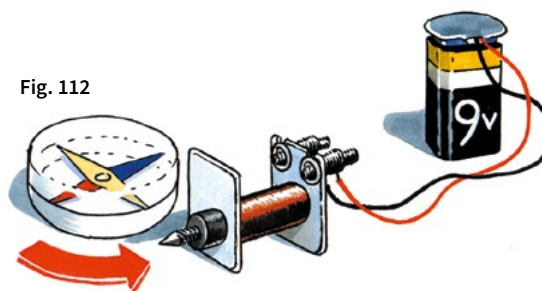


Fig. 112

113. BAR ELECTROMAGNET.

Fit a solenoid on an iron core fixed to a plastic base and connect it to the battery terminals. The result will be an electromagnet in the form of a bar (fig. 113). Such experiments can prove that an electromagnet is formed at the moment the circuit is closed; as soon as the circuit is opened, the magnet loses its strength and only a minimum trace of magnetism is left in it.

Materials you will need: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 33, 34, a battery.

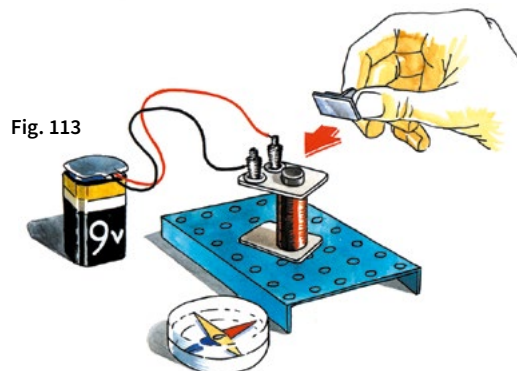


Fig. 113

114. U-ELECTROMAGNET.

Fit the same iron core as already applied in some of the experiments to a plastic base (fig. 114). This core serves to carry a solenoid connected to the battery. Closing the circuit will give a very strong electromagnet, much stronger than the one from the preceding experiment, although the same battery and the same solenoid have been applied. Whereas in the preceding experiment it was not possible to lift the magnet and its base by means of an armature, a much heavier freight can be lifted now. What is the reason for the increased strength of the electromagnet?

Materials you will need: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, 34, a battery.

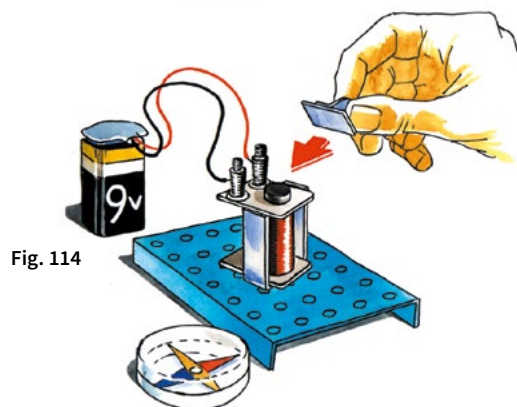


Fig. 114

115. ELECTROMAGNETIC LIFT.

Using the units of the set try to build a small electromagnetic lift. Connect the U-electromagnet from the preceding experiment to the battery terminals, as shown in fig. 115. Further immerse it into a box of screws and try to carry them to another spot. As soon as the circuit is opened, the freight will fall off.

Materials you will need: 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 33, iron objects, a battery.

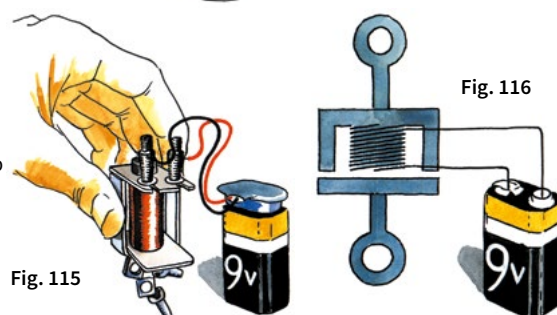


Fig. 115

116. DISH-SHAPED ELECTROMAGNET.

This experiment is possible only if an engineering workshop is available. Drill a 30 mm deep hole with a 9 mm diameter into a 30 mm thick iron disc, with a 60 mm diameter and insert 1000 windings of insulated copper wire with a diameter of 0,3 mm into it. By drawing both wire ends through insulated holes, connect the solenoid to the battery. The corresponding armature is made of a 10 mm thick iron disc. Though connected to a battery only, such electromagnets can lift about 150 g. Similar magnets are used in electric lifts, lifting even ten or twenty tons, and more.

117. WHICH MAGNET IS STRONGER?

The set contains two magnets: A permanent one, made of AlNiCo alloy, and an electromagnet, resembling the one from the preceding experiment. Which of the two is stronger? To answer the question repeat experiment No. 48-b, in which the strength of a permanent magnet was tested. The corresponding testing instrument is shown in fig. 117 left. Fill its cardboard cup with as many objects as the magnet can hold. If the same experiment is repeated with the electromagnet (fig. 117 right), the latter will prove to be considerably stronger than the permanent magnet.

Materials you will need: 6, 2 x 7, 10, 11, 16, 17, 18, 33, cardboard, thread, a battery.

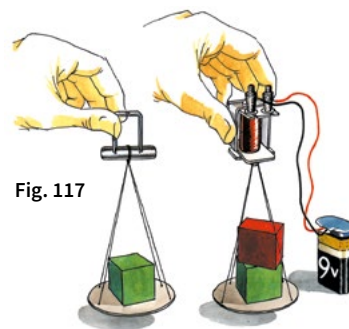


Fig. 117

118. ELECTROMAGNETIC SPECTRUM.

1. In the centre of a piece of cardboard, the size of a postcard, cut a 30 mm long and 21 mm wide rectangular opening. This is where half of the solenoid from the set is to be inserted. Connect it to the battery and sprinkle some iron filings on the cardboard. Compare the resulting electromagnetic spectrum with that of the permanent magnet from experiment No. 40.

2. Repeat the previous experiment by inserting an iron core into the solenoid.

Materials you will need: 3, 2 x 7, 11, 16, 33, cardboard, a battery.

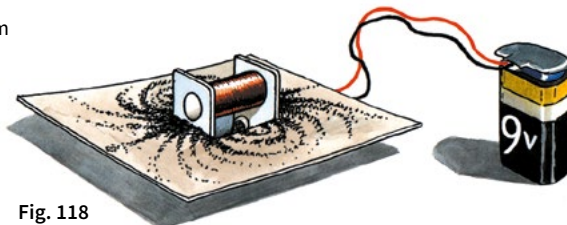


Fig. 118

119. THE SOLENOID WITH A NAIL.

Connect the solenoid from the set to the battery, as shown in fig. 119, and insert a medium size nail into the hole in the centre of the sleeve. If the solenoid is lifted, the nail will not fall out. In fact, the nail is exposed to forces, one of them being gravitation and the other magnetism, but the latter is evidently greater.

Materials you will need: 2 x 7, 11, 33, a nail, a battery.

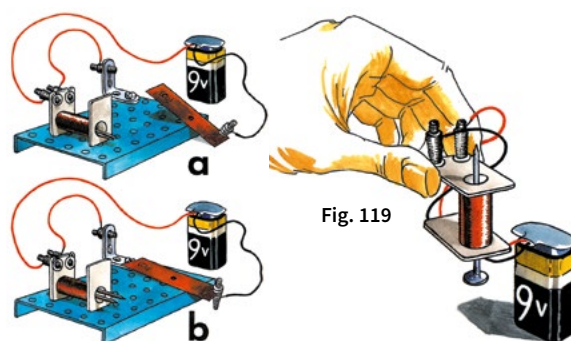


Fig. 119

120. THE SOLENOID WITH TWO NAILS.

Place the solenoid upon a plastic base, insert two nails without heads into its central hole and connect the solenoid to the battery. At closing and opening the circuit you will see the two nails move. If the circuit is open, the nails will assume the position shown in fig. 120a; as soon as the circuit is closed, however, the nails will move apart (fig. 120b). The latter is due to the fact that the two nails become magnetic but, having the same poles on the same side, they repel each other.

Materials you will need: 5, 6, 4 x 7, 8, 11, 24, 28, 33, two nails, a battery.

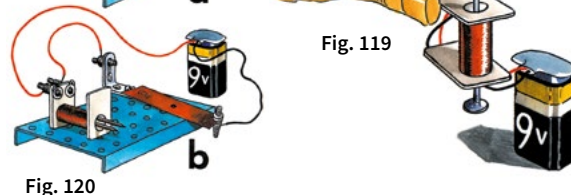


Fig. 120

121. SOFT-IRON AMMETER.

Insert a nail into the hole of the solenoid sleeve and tie it with a piece of string or an elastic band, as shown in fig. 121. Further insert a pointer, made of two pieces of sheet iron (from an old tin), cut into the following dimensions: 40x5 mm and 60x2 mm and 0.2-0.4 mm thick and tied together as shown in fig. 121. The thinner part has to be turned a bit to the left. If the solenoid is connected to the battery, the nail and the pointer will become similarly magnetised and will consequently repel each other. By means of a professional ammeter this home-made device can also be calibrated and provided with a measuring scale.

Materials you will need: 2 x 7, 11, 33, two pieces of sheet iron, a piece of wood, a nail, an elastic band, a battery.

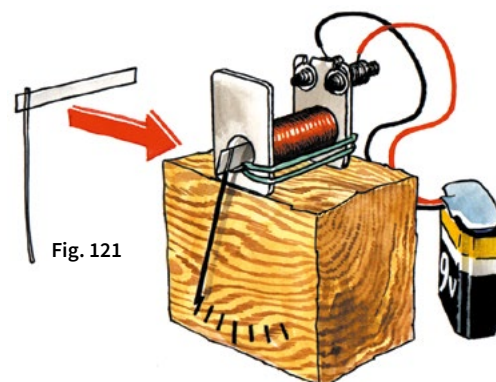


Fig. 121

122. ANOTHER VERSION OF AMMETER.

Wind about 20 loops of constantan wire around an iron rod and use the resulting spring for suspending an iron core. Insert a part of this core into the solenoid (fig. 122) and connect it to the battery. The solenoid will attract the core, and the stronger the current, the more the latter will plunge downward into the solenoid centre. Should this device be equipped with a pointer and a scale, it could also serve for measuring the solenoid attraction or respectively the current intensity.

Materials you will need: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 2 x 20, 28, 33, 37, a battery.

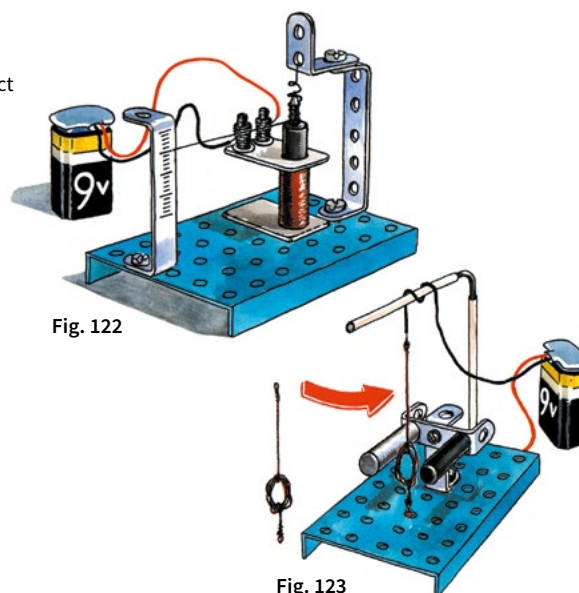


Fig. 122

123. MOVING COIL INSTRUMENT.

Fit an iron bracket on a plastic base vertically and on this another one horizontally. Fix an iron core to one end of the horizontal bracket and a magnet to the other end. The set up assembly is in fact a horseshoe magnet with a very strong magnetic field between its legs. Place a solenoid of insulated copper with a diameter of 0.16 mm in the magnetic field. It has to have 10 to 12 windings of 10 mm wire in diameter and is suspended as shown in fig. 123 left. One end of solenoid leading via the paper rack to the positive battery terminal and the other one via the base to the negative one (for better electric conjunction scrape the isolation from the two endings of the copper wire). As soon as the circuit is closed, the solenoid will either turn to the left or to the right, depending on the sense of the electric current. All precise electric measuring instruments work on this principle. The rotation of the solenoid will be explained in the experiment to follow.

Materials you will need: (20), 2 x 5, 3 x 6, 10, 16, 2 x 29, 33, 36, a battery.

Fig. 123

124. A CONDUCTOR IN THE MAGNETIC FIELD.

Fix an iron bracket vertically upon a plastic base and attach both an iron core and a magnet, to it. Further take a 10 cm long copper wire and the rack from experiment No. 20 to suspend the double threaded screw (wind about 30 windings) into the magnetic field of the horseshoe magnet, set up as described above. For better electric conjunction scrape the isolation from the two endings of the copper wire.

As soon as the circuit is closed, the screw will turn either to the left or to the right, depending on the sense of the electric current. This rotation is due to the interaction of the magnetic fields: the powerful one created between both ends of the magnet and another one created around the conductor as soon as the circuit is closed. It is well known that magnetic fields are either mutually attracted or repelled, depending on whether they are like or unlike ones. The above experiment is very important for understanding the operation of an electromotor.

Materials you will need: (20), 5, 2 x 6, 10, 12, 16, 29, 33, 36, a battery.

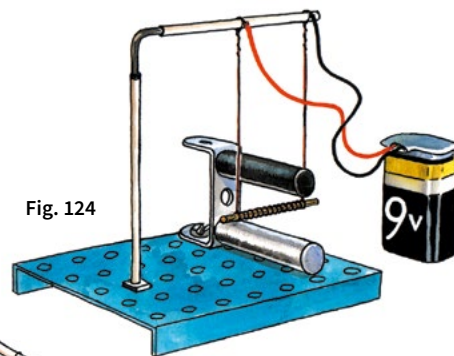


Fig. 124

125. BLOCKING AN ELECTROMAGNET.

Fix an electromagnet on a plastic base and, by means of the rack from experiment No. 20, with a cotton thread suspend an iron bracket (38x12 mm) from the rack, to be placed 1 cm from the electromagnet. If the circuit is closed, the electromagnet will attract the iron bracket. If, however, any materials like e.g. sheet copper, sheet zinc, cardboard, glass, sheet iron, and the like are inserted between the electromagnet and the iron bracket, you will determine which materials don't have an effect on the magnetic field and which, on the other hand, tend to block it.

Materials you will need: (20), 5, 2 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 28, 29, 33, thread, a battery.

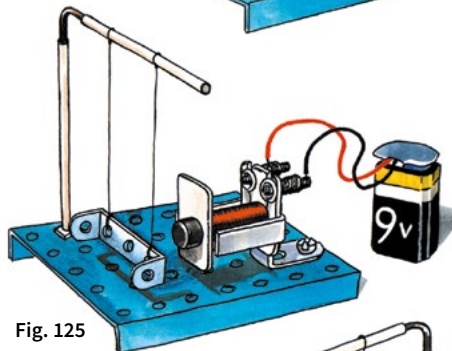


Fig. 125

126. ELECTROMAGNETIC BRAKE.

To a rack (see experiment No. 20), fixed upon a plastic base, on a cotton thread suspend an aluminium bell turned upside down. Fix an electromagnet underneath. Mark the bell with a dash on the edge. The circuit remaining open, twist the bell three times. Let it go and count the turns it makes while untwisting. When the bell comes to rest, close the circuit and repeat the described experiment. You will notice that the electromagnet brakes the bell! The described phenomenon plays an important role in engineering.

Materials you will need: (20), 6, 2 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 33, thread, a battery.

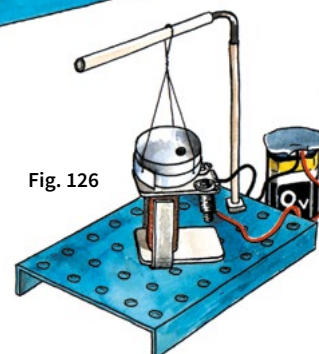


Fig. 126

APPLICATION OF THE ELECTROMAGNET IN ENGINEERING

127. MORSE TELEGRAM.

Fix an electromagnet, consisting of a core lifted with a nut, a sleeve and a solenoid, to a plastic base and proceed by setting up the armature that is to be placed at a very short distance from the electromagnet. It is actually a 60x12 mm bracket, fixed horizontally to a vertical one. From the right side a 25x25 mm angle bearing a small pencil is attached to it. Fix a switch made from a copper plate to an angle of 25x25 mm, and the spring clips on the plastic base (see fig. 127). If this telegraph is connected to the battery and the circuit is closed, the electromagnet will attract the armature.

As soon as the circuit is opened, the armature will assume its initial position. In case of a professional telegraph the pencil will mark points and dashes on a paper strip passing under it. The points and dashes, which form the Morse alphabet (see experiment No. 85), depend on how long the circuit is closed.

Materials you will need: 5 x 5, 6 x 6, 6 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 24, 2 x 28, 29, 33, a battery, a pencil, paper.

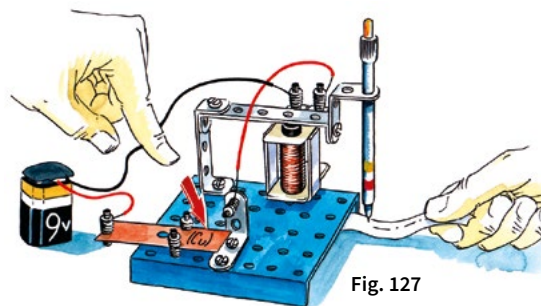


Fig. 127

128. MORSE KEY.

Morse invented a special switch, permitting alternating switching on and off of two telegraphs. You can make such a key yourself. Use the copper plate, the two angles 25x25 mm and the spring clips. Fix all of them to the plastic base. The two angles, together with their screws, represent the right and left contact (fig. 128). The Morse key has three supplies, the central one functioning as the usual supply. If, however, you move the lever to one or the other side, the electric current will pass over the right or the left contact.

The operation of a Morse key can be explained best by interconnection of two telegraphs. **Materials you will need:** 7 x 5, 8 x 6, 7 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 23, 3 x 28, 29, 33, a battery.

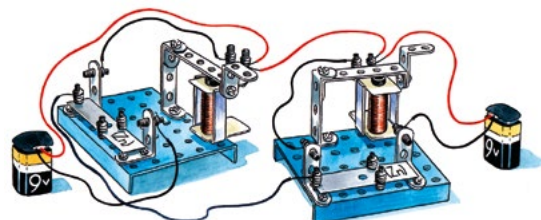


Fig. 128

129. CIRCUIT DIAGRAMS.

Fig. 129 is a circuit diagram representing two Morse telegraphs and two keys.

The letters stand for:

T = Morse telegraph

B = Battery

K = Morse key

Z = Earth

The above method used to connect two railway stations with each other. You can follow this diagram if you have two sets of "Edison Jr.". Place the two telegraphs in two different rooms, interconnect them with two wires and you will be able to telegraph.

In case of a railway Morse telegraph, only one wire is applied, whereas the other one is replaced by the earth; the earth contacts are two metal plates hidden in the ground.

Today telephones, fax and e-mail have replaced the telegraph.

Materials you will need: Two Morse telegraphs, two batteries.

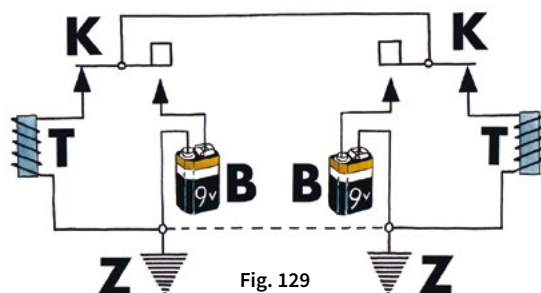


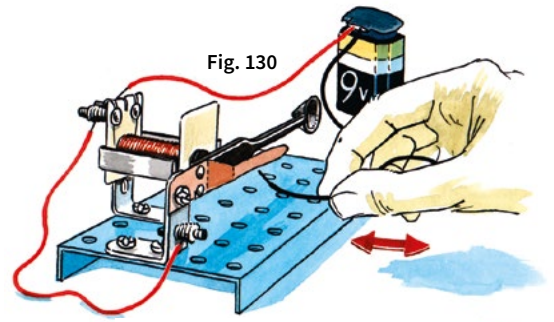
Fig. 129

130. WAGNER HAMMER.

The scientist Wagner invented an electric device that closes and opens the electric circuit automatically. It is known as the Wagner hammer and is often used in engineering. Try to build it the following way: By using the 25x25 mm angle fix the electromagnet to a plastic base. At about 2-3 mm from the electromagnet attach a little hammer for the bell with the other angle. The current should flow from the battery via the wire in your hand to the hammer, from there to the angle, and then via the connecting wire to the solenoid and back to the battery.

As soon as the circuit is closed, the hammer will start vibrating, thus opening and closing the electric circuit. At the moment of attraction to the electromagnet the hammer will be separated from the contacts and the circuit will be opened. Consequently, the electromagnet will stop working, whereupon the hammer will, due to the flexible spring, assume its initial position and again close the electric circuit. This cycle is repeated over and over again.

Materials you will need: 4 x 5, 5 x 6, 3 x 7, 8, 11, 16, 17, 2 x 28, 31, 33, a battery.

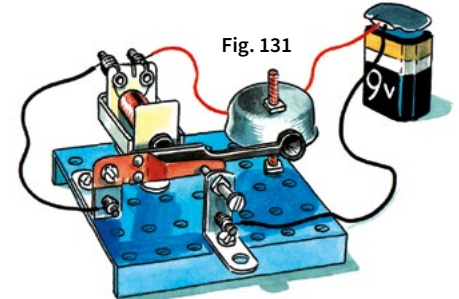


131. ELECTRIC BELL.

After you have built the Wagner hammer, you will not find the construction of the electric bell difficult either. For this purpose an M4x20 screw and a bell have to be added.

As shown in fig. 131, the M4x20 screw consists of an angle bearing the screw and two nuts. The bell is fixed to the base by means of the double threaded screw and corresponding nuts. The connections can be seen from fig. 131.

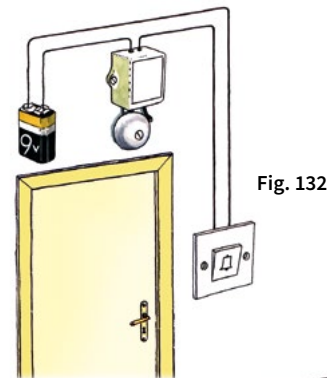
Materials you will need: 5 x 5, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33, a battery.



132. ELECTRIC BELL REPLACING THE DOORKEEPER.

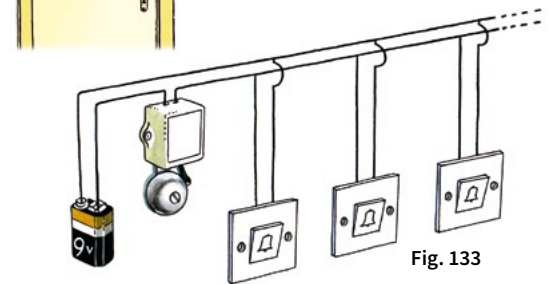
Fig. 132 represents the circuit diagram regarding the interconnection between the electric bell, the battery and the push-button. The bell and the battery are installed in the flat whereas the push-button is at the entrance. The person wishing to visit you presses the button. In this way the circuit is closed and the bell starts ringing. Using another electromagnet you can also open the door for the visitor.

Materials you will need: an electric bell, a battery, a push button, connecting wires.



133. ELECTRIC BELL WITH MORE PUSH-BUTTONS.

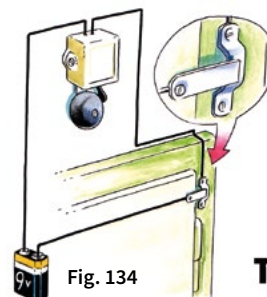
Certain facilities, such as hospitals, hotels, railway carriages etc. require installations that enable the calling of certain persons, e.g. the janitor, the nurse, or the conductor. Fig. 133 represents the circuit diagram showing the interconnection between the bell, the battery and several push-buttons. To explain the application of this principle in practice, let us examine the sleeping-van signalling system. In a sleeping-van corridor there is a red signal plate above each door. When the bell rings, the plate "drops" to tell the conductor which passenger is calling him. Similar signal plates with room number can be found in hospitals and hotels. Their operation, too, depends on the electromagnet.



134. SIGNALLING EQUIPMENT.

Use a very thin tin plate to make the switch shown in fig. 134. Each piece of tin must be 10 mm wide and 60 mm long. Fix the switch above the door in such a way that the two pieces of tin make contact when the door is open and not when it is closed. Should this switch be connected to the battery and the electric bell, you will get a signalling device announcing when a door or a window opens.

Materials you will need: tin plate, an electric bell, connecting wire, a battery.

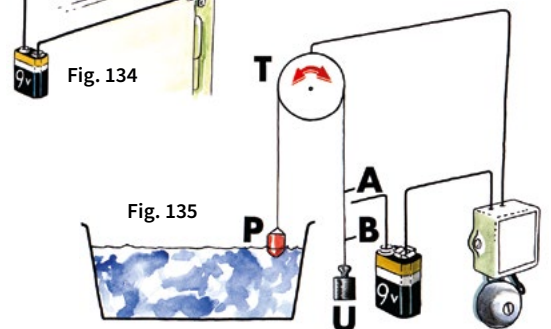


135. ELECTRIC LIQUID LEVEL INDICATOR.

The water level or the level of any other liquid in a factory or laboratory tank should never be above or under a certain point. Such points can be electrically protected as shown in fig. 135. The liquid bears a float that rises or falls according to the water level. In case it reaches the critical upper level, contact A closes the circuit and the electric bell warns that something has gone wrong. If, on the other hand, the liquid level drops below minimum, contact B closes the circuit, thus activating the signalling system.

A completely automatic liquid level regulation is also possible. In this case one of the above contacts opens and the other one closes the inflow or respectively the outflow of the liquid. The markings stand for:

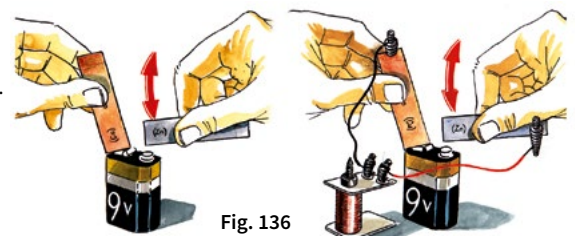
P = float
T = wheel
U = weight



136. PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF THE ELECTRIC CURRENT.

The electric current effects your body. This may be demonstrated by some experiments:

1. Take a copper plate in your left hand and a zinc plate in your right hand and touch both battery terminals as shown in fig. 136 left. Although presuming that there is a flow of electric current through your body, you will not feel it when touching the battery terminals.
2. Connect the metal plates in the above experiment to an iron-cored coil (Fig. 136 right). Then, holding the plates in your hand, repeatedly close and open the circuit. As before, you will not feel anything when closing the circuit. However, strong electric shocks will be felt when opening the circuit. These shocks arise from the coil at the moment when the circuit is opened. To understand this phenomenon, repeat experiment No. 95. There you got to know the so-called inductive resistance in the coil in a closed electric circuit.



A magnetic field forms around the coil in such circumstances but as soon as the circuit is opened the magnetic field is destroyed, the consequence being an induced current that is felt as a shock.

Materials you will need: 4 x 7, 11, 16, 23, 24, 33, a battery.

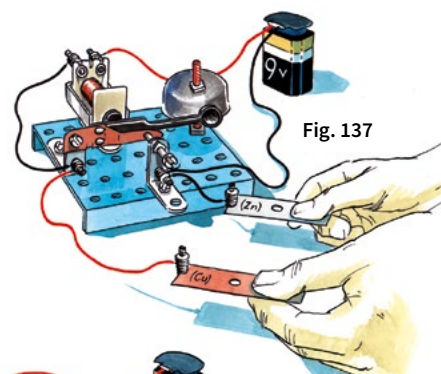


Fig. 137

137. INDUCTION COIL.

There is only one step from the electric bell to the induction coil. While the bell is ringing, connect it with two metal plates: The first is fastened with a screw and the second with an angle bearing the hammer (see fig. 137). If your hands are dry, you will only feel a weak current; if, however, they are wet you will find the current strong. Evidently the voltage of the electric current you feel is higher than that of the flashlight battery.

Materials you will need: (131), 23, 24, 33, a battery.

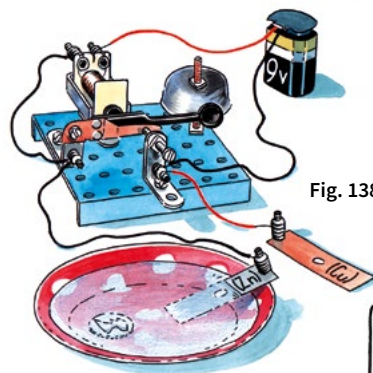


Fig. 138

138. ELECTRIZATION THROUGH WATER.

Immerse a metal plate from the preceding experiment into a dish filled with water and add a coin. While the bell is ringing use your right hand to grasp the other metal plate firmly and your left hand to try to take the coin out of the water. When touching the water surface you will feel a powerful shock and will not be able to lift the coin because of your hand being seized with cramps.

In general it is very dangerous to touch electric installations with wet hands!

Materials you will need: (137), a dish of water, a coin.

139. THE EARTH AS A CONDUCTOR.

Push the electrode from the preceding experiment into moist earth that you stand barefooted on. Grasp the other electrode with your hand and you will find moist earth to be a very good electric conductor (fig. 139 is just a partial scheme of the experiment).

Materials you will need: (137).

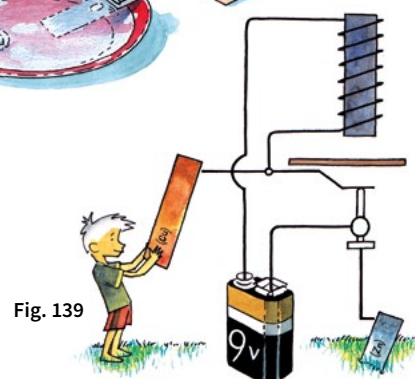


Fig. 139

140. RELAY.

A relay is a device that allows a strong circuit to be indirectly closed or opened by a weaker current. The relays are of two types, the closing and the opening ones. Try to make both. Fig. 140 shows the circuit diagram of an opening relay. The first circuit includes the electromagnet and battery No. 1. As soon as the circuit is closed, the electromagnet will attract the little hammer which in its turn will close another circuit comprising a bulb, battery No. 2, and a hammer. As a result, the bulb will light up. It is not hard to modify a closing relay to an opening relay.

Materials you will need: 3 x 5, 3 x 6, 6 x 7, 8, 11, 14, 16, 2 x 29, 31, 33, 35, two batteries.

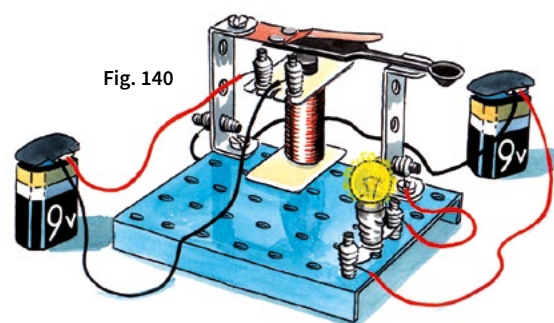


Fig. 140

141. SHEPHERD'S TELEPHONE.

A shepherd's telephone consists of two cardboard cylinders on one side covered with parchment paper - you can also use an empty yoghurt plastic cup. Connect the two units with a piece of thin thread that must be tight during the conversation. While one is speaking the other is listening and vice versa, hence simultaneous talking and listening is not possible. During talking the parchment diaphragm vibrates. Via the tightened thread these vibrations are transmitted to the other diaphragm which under this effect also starts vibrating, enabling the voice from the other side to be heard.

This telephone, however, cannot be used for talking at long distances or around the corner. Bell's telephone works on the same principle. It, too, consists of two units, each containing a permanent magnet, an iron core and a solenoid; a thin metal diaphragm precedes the electromagnet. If speaking into the diaphragm, the magnetic field changes. This results in generation of electric current in the solenoid.

By means of two wires this electric current is transmitted to the other telephone set, where it causes the vibration of the metal diaphragm. Nowadays Bell's telephone set has been replaced by a modern version made up of a handset and a microphone.

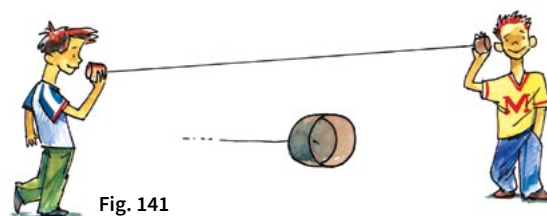


Fig. 141

142. ELECTRIC ENERGY TRANSFORMED INTO SOUND.

Fig. 142 shows a circuit diagram of a device that can transform electricity into sound. Fix an electromagnet, consisting of a core, a sleeve and a solenoid, on a plastic base. Cover this electromagnet with a metal sweet box cover (made of sheet iron) which is to be lifted slightly during the experiment. It serves as the diaphragm. If the circuit is alternately closed and opened, some rustling noise can be heard. When the circuit is closed, the diaphragm is attracted by the electromagnet, and when it is opened the diaphragm due to its flexibility, returns to its initial position.

The earphone, that you are going to set up in the next experiment, works on the same principle.

Materials you will need: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, a tin cover, a battery.

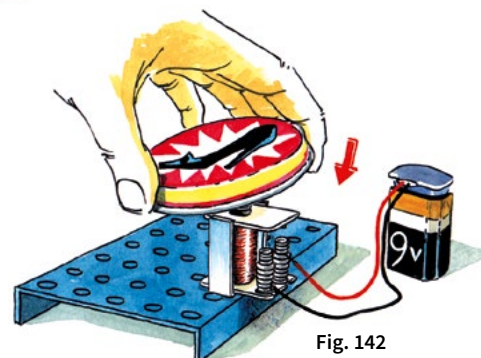


Fig. 142

143. EARPHONE.

By using two 38x12 mm brackets and one 60x12 mm bracket connect the diaphragm and the electromagnet so that they are only 1 - 2 mm apart. Further, connect the earphone to the battery, as shown in fig. 143. When closing the circuit, the diaphragm should neither touch nor be at an excessive distance from the electromagnet. When closing the circuit the electromagnet attracts the diaphragm. When you open the circuit the diaphragm releases. You will hear a characteristic rustling noise.

Materials you will need: 4 x 5, 6 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 20, 22, 2 x 29, 33, a battery.

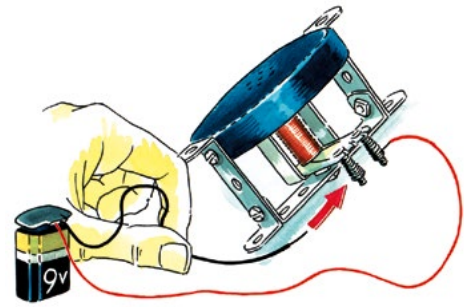


Fig. 143

144. FILE FUNCTIONING AS A CIRCUIT-BREAKER.

Connect the earpiece from the preceding experiment to the battery through the file, as shown in fig. 144. Make one contact glide along the file whereupon, due to repeated opening of the circuit, some rustling noise will be heard from the earphone.

Materials you will need: (143), a file.

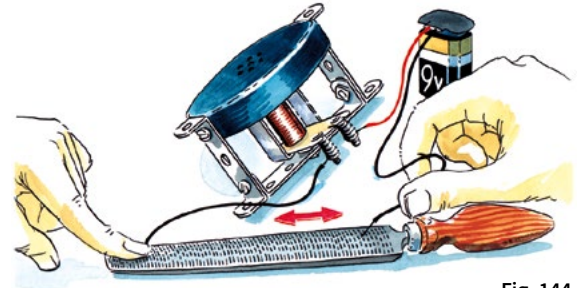


Fig. 144

145. AUTOMOBILE HORN.

This experiment requires an earphone (fig. 143), a battery and some connecting wires. Connect one pole of the solenoid to the diaphragm and the other one to the battery terminal. The remaining battery terminal is to be connected to the diaphragm with feeling (leave the diaphragm to vibrate) as shown in fig. 145.

Materials you will need: (143), 7.

146. MICROPHONE.

This set contains a very simple, yet sensitive microphone. It consists of two basic units: the diaphragm like the one in the earphone (except for being a plastic one) and three rods of which two are of iron and fixed to the diaphragm, whereas the third one is of carbon and is in touch with the other two. Connect the battery, the microphone and the electric bulb to close the circuit, as shown in fig. 146. If you press your finger against the unattached carbon rod, the electric bulb will light up. The more you press, the brighter the light will shine. Due to a stronger or weaker contact with the carbon the microphone will let pass a stronger or weaker current. The same happens when talking into the microphone.

Materials you will need: 2, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7, 8, 14, 2 x 28, 33, 35, a battery.

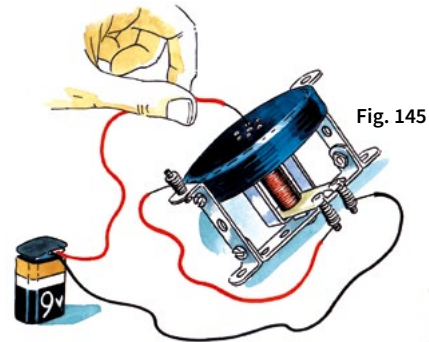


Fig. 145

147. TELEPHONE.

If the earphone from experiment No. 143, as well as the microphone from the preceding experiment are connected to the battery, the new combination will be a telephone set, i.e. the device for transmission of speech and other sounds at long distances. An analogue wrist watch lying on a plastic base can be heard over the earphone. This is due to the fact that the ticking of the watch makes the microphone diaphragm vibrate. As the microphone carbon rods let weaker and stronger currents pass and the diaphragm is attracted by the earphone electromagnet with different force, the air vibrates and these vibrations can be perceived.

This home-made telephone set can be applied for transmission of speech as well. In this case leave the microphone in one room and transfer the earphone into another one (you'll need longer wires).

Materials you will need: (143), (146), a wrist watch.

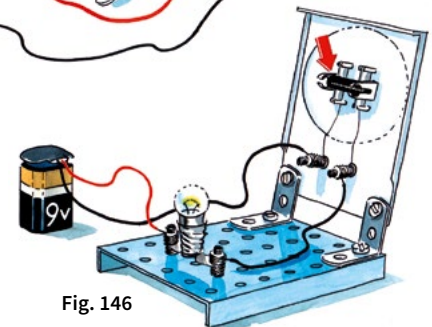


Fig. 146

GENERATORS AND ELECTROMOTORS

148. MECHANICAL ENERGY TRANSFORMED INTO ELECTRICAL ENERGY.

1. Connect a solenoid to a galvanoscope (fig. 148) and with a very brisk gesture insert a magnet into the hole of the sleeve. The galvanoscope pointer will deflect, whereupon it will assume the initial position quickly. If the magnet is quickly drawn out, the pointer will deflect to the opposite direction.

2. Turn the magnet over and repeat the experiment. Now you will notice the electric shocks. How is the electric current generated in this experiment? You know from the previous experiments that the magnet is the source of the magnetic field. If the magnet is inserted into the solenoid, the magnetic lines of force cut the solenoid windings. Due to induction, electric current is generated, yet it exists only as long as the magnet turns, hence as long as the magnetic field changes.

This is one of the basic electro-technical experiments. All generators are built on this principle. A generator is a machine for transforming mechanical energy into electric energy.

Materials you will need: 1, 4 x 7, 10, 11, 33, 34.

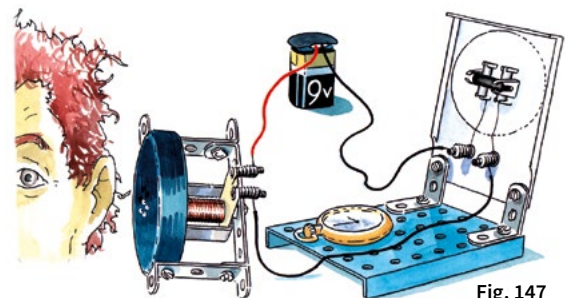


Fig. 148

149. ALTERNATING CURRENT GENERATOR.

Insert an iron core into the solenoid, further connect the solenoid to the galvanoscope and wait until its pointer stops at the zero setting. Turn the magnet, suspended by a thread, above the solenoid and the result will be the simplest version of an AC-generator.

Materials you will need: 1, 4 x 7, 10, 11, 16, 33, 34, paper, thread.

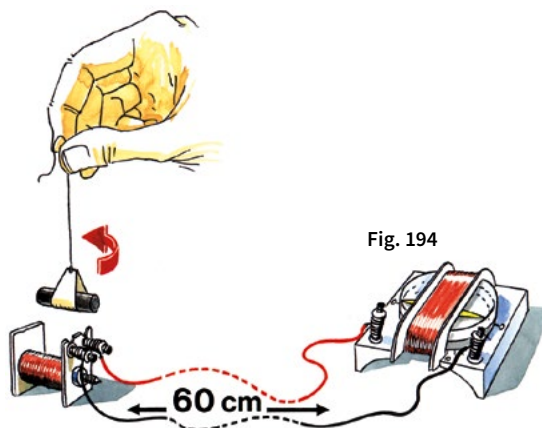


Fig. 194

150. ELECTRIC MOTOR AND GENERATOR STATOR.

The part of an electric machine that does not move is called a stator. Try to build one. Fix both stator legs upon the base and insert a magnet, fixed to the former by means of a double threaded screw and two nuts. The stator is ready. With a compass you can prove the presence of the magnetic field between the stator legs. By sprinkling some iron filings you can even demonstrate that the magnetic lines of force run from one stator leg to the other. (See experiment No. 41).

Materials you will need: 2 x 5, 4 x 6, 8, 10, 12, 15, 34.

151. ELECTRIC MOTOR AND GENERATOR ROTOR.

A rotor is actually a rotating solenoid. Both ends of its windings end in two semicylinders, called a collector, which in case of an electric motor serves to supply, and in case of a generator to convey away the electric current. A metal spring leans against each side of the collector. It is called a brush. Use a compass to test the rotor operation:

1. Connect the rotor via the brushes to the battery, as shown in fig. 151.
2. By means of the compass determine the north and the south pole of the rotor.
3. Check whether by turning for 360 degrees the rotor poles change or remain the same. Upon careful observation you will see that after each turning for 180 degrees both rotor solenoid ends change the polarity, which is due to the collector which in a certain moment changes the sense of the electric current. Evidently the sense of the electric current changes when the rotor solenoid reaches the horizontal position. At that moment the magnetic poles of the rotor change as well. The north pole is turned into the south pole and vice versa.

Materials you will need: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 19, 2 x 20, 21, 33, a battery.

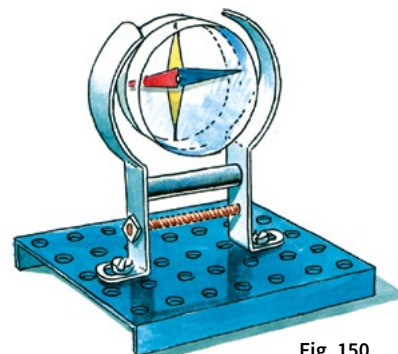


Fig. 150

152. DIRECT CURRENT ELECTRIC MOTOR.

After constructing the generator stator (experiment No. 150) and the generator rotor accompanied with brushes (experiment No. 151), try to make a DC motor. First set up the rotor with brushes, then the stator. After you have checked whether the rotating of the rotor is faultless and if the brushes lean against the collector, connect the electric motor to a battery. The rotor will start rotating, at first at a slow pace, then ever quicker, up to the full number of turns, i.e. about 2800 to 3000 per minute. Reverse the battery terminals!

Materials you will need: (151), 2 x 5, 4 x 6, 10, 12, 15.

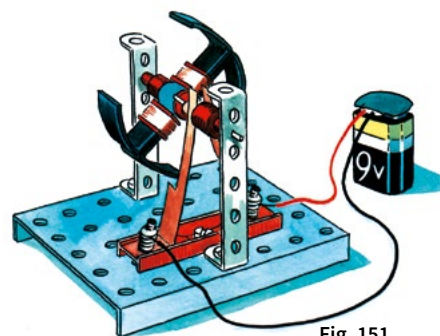


Fig. 151

153. DIRECT CURRENT GENERATOR.

Connect the electric motor from the preceding experiment to the galvanoscope and turn the electric motor rotor with your hand. The galvanoscope pointer will deflect. Reverse the rotor and the galvanoscope pointer will move in the opposite sense.

As you have seen, the DC motor can also be applied as a generator, i.e. the device generating the direct current.

Materials you will need: (152), 1, 2 x 7, 34.

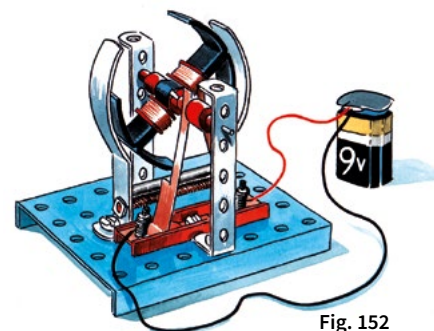


Fig. 152

CONCLUSION

Having made all experiments described in this booklet does not mean that all work has been done. On the contrary, you are now just at the beginning. The designed experiments represent the first, and accordingly, most important step in acquiring technical knowledge through your own experience. From now on you will be able to complete your knowledge by that of others, spread through books, lectures as well as radio and TV emissions.

You can enrich the acquired knowledge with:

GENIUS (153 electric + 120 electronic experiments and theoretical descriptions)

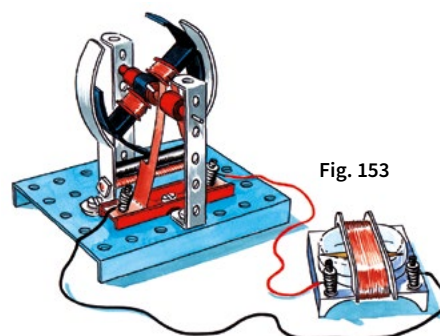


Fig. 153

EN: Corrections

EN71: Magnet

WARNING: Not suitable for children under 8 years. This product contains a small magnet with a magnetic flux of over 50 KG2mm. Swallowed magnets can stick together across the intestines causing serious injuries. Seek immediate medical attention if magnet(s) are swallowed.

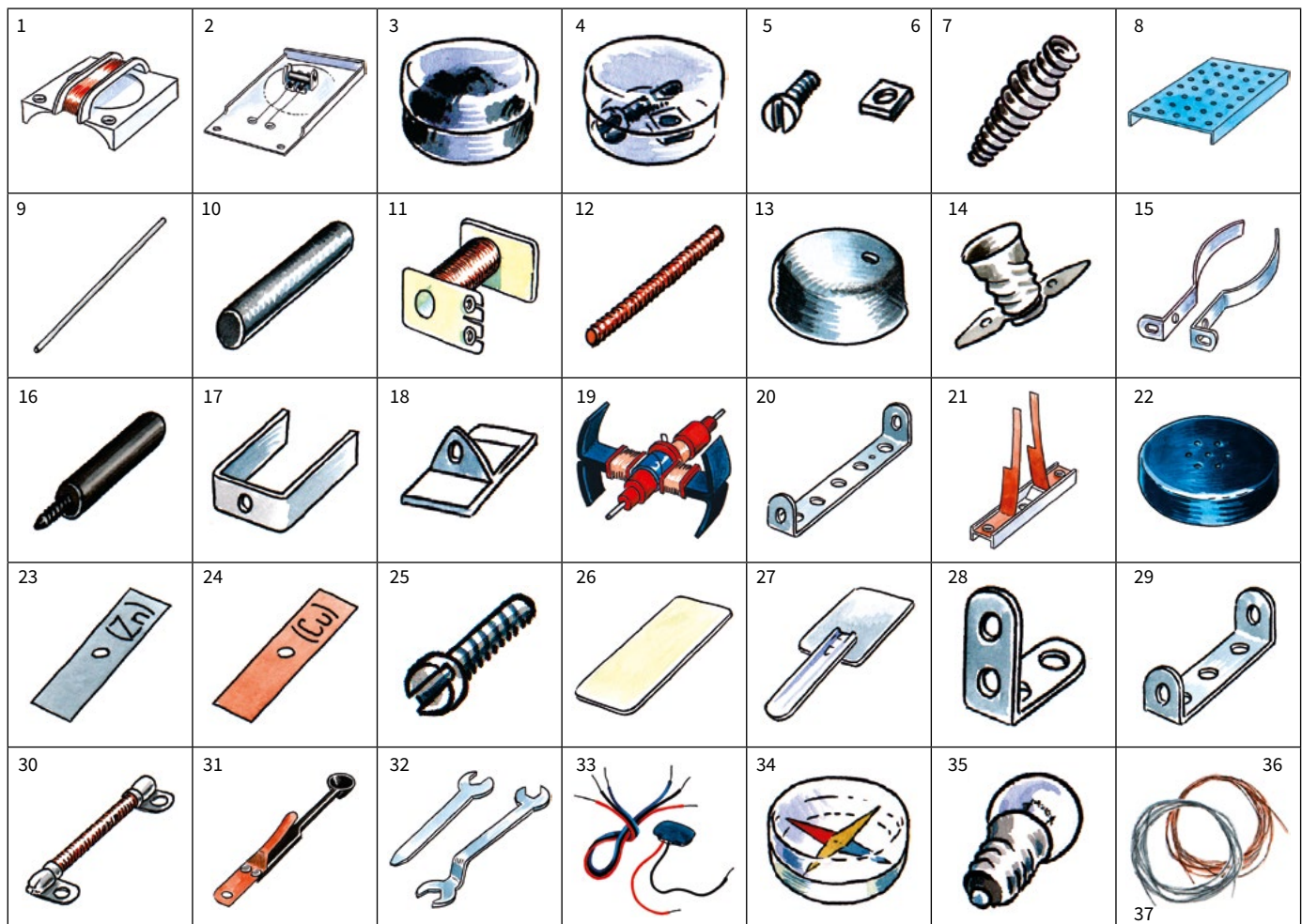
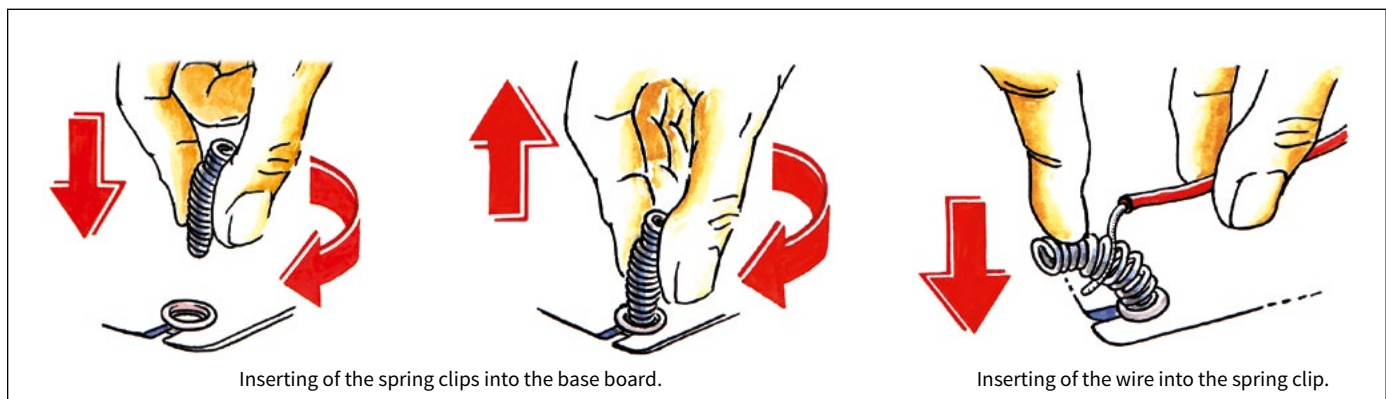
EN62115:

WARNING: Only for use by children aged 8 years and older. Instructions for parents are included and must be observed. This product contains loose wire. The wires are not to be inserted into socket-outlets.

Experiment 97: The temperature increase of the resistor in experiment 97 exceeds the limit, but the instructions did not point out the possible hazards or include a warning. One must not directly contact the hot surface of accessible parts during and after the experiment, such as the surface of the resistor, the batteries, the winding and other electronic components. Do make sure that the temperature has fallen, otherwise there may be a risk of burning. The packaging has to be kept since it contains important information.

LIST OF ASSEMBLY PARTS AND CORRESPONDING PICTURES

No.	LIST OF ASSEMBLY PARTS	Pieces	No.	LIST OF ASSEMBLY PARTS	Pieces
1	Galvanoscope	1	21	Pair of brushes	1
2	Microphone	1	22	Earphone	1
3	Box with iron filings	1	23	Zinc plate (Zn)	1
4	Box with bolts and nuts	1	24	Copper plate (Cu)	1
5	Screws M4 x 5	12	25	Screw M4 x 20	1
6	Nuts M4	16	26	Plastic plate	1
7	Spring clip	1	27	Metal spade with a plastic handle	1
8	Plastic base	8	28	Angle 25 x 25 mm	4
9	Iron bar	1	29	Small metal bracket 38 x 12 mm	2
10	Magnet	1	30	Resistor (rheostat)	1
11	Coil (Solenoid)	1	31	Little hammer for the bell	1
12	Double threaded screw	1	32	Spanner with screwdriver	2
13	Bell	1	33	Insulated connecting	5
14	Incandescent bulb holder	1	34	Compass	1
15	Stator (composed of 2 legs)	1	35	Bulb 12 V/0,05 A	1
16	Iron core	1	36	Copper wire	1
17	Core sleeve	1	37	Constantan wire	1
18	Armature	1			
19	Rotor	1			
20	Big metal bracket 60 x 12 mm	2			



ELECTRO PIONEER

153 verschiedene Versuche aus dem Gebiet der Elektrizität und Magnetismus

Erforderlich eine **9V** **IEC 6LR61-9V** Batterie (nicht enthalten)

HERAUSGEBER: Mehano d.o.o. • Polje 9 • SI - 6310 Izola • SLOWENIEN

INHALTSVERZEICHNIS

ELECTROSTATIK	115 - 120
MAGNETISMUS	120 - 125
BATTERIEN UND ELEMENTE	125 - 131
ELECTROMAGNETISMUS	131 - 134
ELEKTROMAGNETEN IN DER TECHNIK	134 - 137
GENERATOREN UND ELECTROMOTOREN	137 - 138

RECHTE UND VERANTWORTUNGEN

Der Inhalt dieses Buches ist entsprechend des Gesetzes für Autorenrechte geschützt. Aus diesem Buch darf nichts kopiert, abgeschrieben, fotokopiert oder an andere Medien weitergeleitet werden ohne eine ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Trägers der Autorenrechte erhalten zu haben.

Alle Versuche, die in diesem Buch beschrieben sind, wurden sorgfältig überprüft und getestet. Der Inhaber der Autorenrechte trägt keine Verantwortung für eventuell auftretende Materialschäden oder physische Verletzungen, die während des Experimentierens auftreten könnten.

WILLKOMMEN JUNGE LESERIN, WILLKOMMEN JUNGER LESER,

Es freut uns, dass du dich entschlossen hast, durch unser Buch in die Welt der Elektronik einzutreten. Wir hoffen, dass dir das Zusammensetzen der Schaltungen Spass machen wird. Allerdings soll dies nicht nur eine reine Spielerei sein. Mit dem Durchführen der Experimente und dem Durchlesen des Buches, wirst du dir Grundkenntnisse über Elektrizität aneignen, die dir auch im alltäglichen Leben nützlich sein werden.

Habe keine Angst vor den Versuchen. Die Ergebnisse eines Versuchs sind mehr Wert als tausend Meinungen von Fachleuten. Probiere alle deine Ideen aus! Wenn die Schaltung nicht funktionieren sollte, sei nicht enttäuscht. Überlege nochmal und überprüfe alles nochmal. Wenn du herausgefunden hast, was falsch gelaufen ist, und das Experiment funktioniert schließlich, hast du etwas Neues und Nützliches gelernt, das du auch für spätere Experimente benutzen kannst.

Alle Schaltungen, die in diesem Buch vorgeschlagen sind, sind so vorbereitet worden, dass du dich nicht verletzen oder größere Schäden anrichten kannst, abgesehen von eventuellen kleinen Kratzern an den Fingern.

In diesem Buch wird eine große Zahl von verschiedenen Experimenten beschrieben. Einige sind so einfach, dass du gar keine Erklärung benötigst. Einige sind dagegen sehr kompliziert und du wirst am Anfang nicht vollständig verstehen, wie sie funktionieren. Verzweifle nicht! Vielleicht wird dir beim zweiten genaueren Durchlesen alles klar werden. Es ist auch nicht schlimm, wenn du dieses Experiment einfach überspringst und zu einem späteren Zeitpunkt nochmal versuchst.

Gerade die Vielfalt der Experimente gibt allen Interessierten mit den unterschiedlichsten Kenntnissen über Elektronik die Möglichkeit, Neues zu lernen und etwas Angemessenes zu finden. Weil der Aufbau der Schaltungen so exakt beschrieben ist, kannst du das Buch eventuell auch als Handbuch in der Schule benutzen.

LIEBE ELTERN!

Mit diesem Buch treten Sie mit ihrem Kind in die Welt der Elektronik ein. Wenn sie sich in dieser Welt schon auskennen, seien Sie dem jungen Forscher Ermunterung und Hilfe. Wenn aber diese Welt der Elektronik auch für Sie neu ist, so sollte es Ihnen ein Vergnügen sein, sich dem jungen Forscher anzuschließen. Die Welt der Elektronik ist voll von Entdeckungen, die auf junge genauso wie auf ältere ForscherInnen wartet.

WARNUNG FÜR ELTERN!

DAS KIND SOLL VOR DEM GEBRAUCH SORGFÄLTIG DIE ANWEISUNGEN LESEN UND SIE BERÜCKSICHTIGEN. DIE KOLLEKTION RICHTET SICH AN KINDER VON BEIDEN GESCHLECHTERN AB 9 JAHREN. AUS SICHERHEITSGRÜNDEN SIND ALLE VERSUCHE FÜR DIE SPANNUNG 9V (BATTERIE 9V IEC 6LR61) ANGEPAST. DURCHGEFÜHRT SOLLEN NUR DIEJENIGEN VERSUCHE, DIE IN DER ANLEITUNG GENAU ERLÄUTERT WERDEN. ES IST ERWÜNSCHT, DASS ALLE VERSUCHE IN IHRER GEGENWART DURCHGEFÜHRT WERDEN. BEWAHREN SIE DIE ANWEISUNGEN SORGFÄLTIG AUF, DA SIE WICHTIGE INFORMATIONEN ERHALTEN.

EN71: Magnet

WARNUNG: Nicht geeignet für Kinder unter 8 Jahren. Dieses Produkt enthält einen kleinen Magnet mit einem magnetischen Fluss von über 50 KG 2 mm. Verschluckte Magnete können im Darmsystem aneinander haften und so zu schweren Verletzungen führen. Sofort ärztliche Hilfe aufsuchen, wenn Magnete (-e) verschluckt werden.

EN62115:

WARNUNG: Nur für Kinder im Alter von 8 Jahren und älter geeignet. Anweisungen für Eltern sind enthalten und müssen beachtet werden. Dieses Produkt enthält lose Drähte. Die Drähte dürfen nicht in Steckdosen gesteckt werden. Experiment 97: Die Temperatur des Widerstands im Experiment 97 kann sich übermäßig erhöhen, aber die Anweisungen geben keinen Hinweis über mögliche Gefahren und enthalten keine Warnung. Die heiße Oberfläche der zugänglichen Teile, wie etwa die Oberfläche des Widerstands, der Batterien, der Wicklung und anderer elektronischer Komponenten darf während und nach dem Experiment nicht berührt werden. Stellen Sie sicher, dass sich heiße Oberflächen abgekühlt haben, sonst besteht Verbrennungsgefahr. Die Verpackung muss aufbewahrt werden, da sie wichtige Informationen enthält.

Vor Durchführung der Versuche alle Anweisungen genau lesen und durchführen. Der Baukasten darf nur von Kindern, die älter als 9 Jahre alt sind, benutzt werden. Die Versuche nur so durchführen, wie sie in der Anleitung genau erklärt sind. Keine wiederaufladbaren Batterien benutzen (d.h. ohne Nickel Kadmium). Nur Batterien des gleichen Typs benutzen, wie wir es angegeben haben. Wir empfehlen die Benutzung von Alkaline-Batterien. Die Batterien müssen mit den richtigen Polenseiten benutzt werden. Die Batterien immer im kompletten Satz wechseln; nicht verschiedene Typen (Alkaline- und Zinkkarbon- Batterien) oder alte und neue Batterien mischen und zusammen benutzen. Die Batterien sollten nur von einem Erwachsenen gewechselt werden. Leere Batterien sollten nicht im Batteriefach bleiben, sondern herausgenommen werden und in speziellen Abfallbehältern entsorgt werden (nicht in den normalen Müll werfen!). Falls der Experimentierkasten für längere Zeit nicht benutzt wird, die Batterie aus dem Fach entfernen. Die Batterien nicht in Kontakt mit Metallteilen kommen lassen, es kann eine Explosion auslösen. Batterien nicht ins Feuer werfen. Wiederaufladbare Batterien können nicht wiederaufgeladen werden

VORWORT

Diese Anleitung umfasst 153 Versuche und theoretische Beschreibungen. Der Baukasten enthält alle notwendigen Bauteile zur Durchführung der Versuche. Man braucht außerdem noch ein paar Dinge, die man in jedem Haushalt findet, wie Papier, Nägel, Nähnadeln und Baumwollgarn, Alufolie, Stricknadeln, ein Taschenmesser, Reißnägel, Klebstoff, einen Kamm, ein Stück Glas, ein Wasserglas, Siegellack, ein Stück Holz, Metalleitdraht usw.

Der Baukasten ist für Jungen und Mädchen über 9 Jahre entwickelt. Man kann mit diesem Baukasten sowohl allein als auch in der Gruppe arbeiten. Er kann auch sehr erfolgreich in der Grundschule eingesetzt werden, obwohl er ursprünglich für das Experimentieren zu Hause, außerhalb der Schule, gedacht ist.

Da die Baukästen auch manchmal in Schulen benutzt werden, sind auch einige Versuche beschrieben, für die man noch einige zusätzliche Werkzeuge benötigt werden.

ALLGEMEINE HINWEISE

- Alle Bestandteile des Baukastens sind auf der letzten Seite mit Nummern und Abbildungen aufgeführt.
- Vor dem Experimentieren muss man eine Flachbatterie mit 9V (IEC 6LR61) anschaffen.
- Jede Versuchsbeschreibung enthält die Nummern der Baukastenteile in der Reihenfolge, in der sie gebraucht werden.
- Vor Beginn des Versuchs immer alle notwendigen Teile heraussuchen und in der richtigen Reihenfolge auf den Tisch legen.
- Nach dem Versuch die Teile wieder ordentlich in den Kasten einsortieren.

WIE DIE VERSUCHE DURCHGEFÜHRT WERDEN

Alle Versuche sind durchnummeriert. Man kann sie zwar auch unabhängig voneinander durchführen, aber es wird empfohlen, sie der Reihe nach durchzuprobieren.

Wie man das macht, wird nun am Beispiel des Versuchs 130/ 131 über die elektrische Klingel erklärt. Unter der Beschreibung stehen einige Zahlen. Sie bezeichnen die notwendigen Baukastenteile, deren Bilder und Namen in der Liste am Ende dieses Heftes aufgeführt sind. In diesem Fall sind es die Nummern: 5-6-7-8-11-12-13-16-17-25-28-31-33 usw. In dieser Reihenfolge sollte man die Teile heraussuchen. Dann hat man folgendes vor sich liegen:

4 x 7 = Sprungfedern	12 = Gewindebolzen	3 x 28 = Winkel 25x25 mm
8 = Kunststoffsockel	13 = Glocke	31 = Hämmerchen für die Klingel
6 x 5 = Schrauben	16 = Eisenkern	33 = isolierter Verbin
13 x 6 = Muttern	17 = Kernmantel	
11 = Spule	25 = Einstellschraube	

- 2 x 5 - bedeutet, man braucht zwei Bauteile Nr. 5

- (20) - eine Zahl in Klammern bedeutet, man braucht die gleichen Teile wie bei Versuch 20.

Beispiel: Den Winkel mit Schraube und Mutter am Kunststoffsockel befestigen. Dann kommt der Eisenkern mit dem Kernmantel. Die Spule wird auf den Kern gesetzt usw. Alle Bauteile müssen festen Kontakt haben. Wenn etwas nicht richtig funktioniert, den Fehler suchen und beheben.

Die elektrostatischen Versuche sollten vorzugsweise bei trockenem Wetter, vor allem im Winter und mit trockenen Händen durchgeführt werden.

Wir wünschen viel Spaß und Erfolg beim Experimentieren!

ELEKTROSTATIK

1. ELEKTRIZITÄT AUS PAPIER.

Man nimmt ein Blatt aus einem Heft und trocknet es gut auf der Heizung oder am Ofen. Dann legt man es auf das Heft und streicht mit der Hand fest darüber (Bild 1). Anschließend das Blatt mit der linken Hand vom Heft hochheben und den Zeigefinger der rechten Hand von unten an das Blatt heranführen. Dann spürt man plötzlich wie ein elektrischer Funke auf den Fingerknöchel überspringt.

Fig. 1

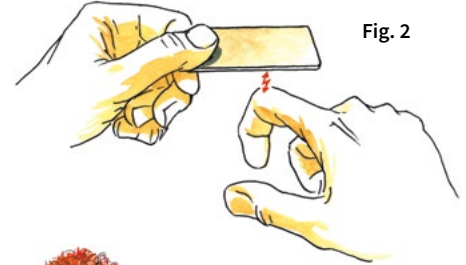


2. EIN ELEKTRISCHER FUNKE - BLITZ UND DONNER.

Die Polyvinylplatte aus dem Kasten an die Tischkante legen und mit der trockenen Hand oder einer Zeitung kräftig reiben. Dann hochheben und einen Finger von unten heranführen (Bild 2). Ein elektrischer Funke springt von der Platte auf den Finger über. Man kann ihn hören, spüren und im Dunklen sogar sehen. Dieser Funke, der vom Papier oder Kunststoff überspringt ist im Prinzip das gleiche wie Blitz und Donner. Der einzige Unterschied liegt darin, daß bei den Versuchen nur winzig kleine und beim Blitz enorm große elektrische Ströme freigesetzt werden.

Zubehör: 26

Fig. 2



3. ELEKTRIZITÄT AUS WOLLE.

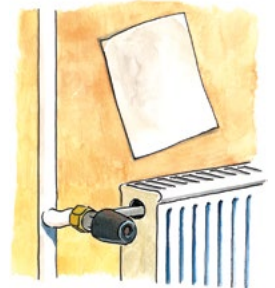
Läuft man mit Gummisohlen längere Zeit auf Woll- oder Seidenteppichen, lädt sich der Körper elektrisch auf. Wenn man dann einen Wasserhahn oder etwas anderes Gekrümmtes aus Metall berührt, das mit der Erde verbunden ist, springt ein elektrischer Funke vom Körper auf diesen Gegenstand über. Beim Kämmen mit einem Kunststoffkamm laden sich auch der Kamm und das Haar elektrisch auf. Das gleiche geschieht, wenn man eine Katze streichelt oder Unterwäsche aus Kunstfasern auszieht. Dies ist nur lästig und unangenehm, aber es kann richtig gefährlich werden, wenn an der Tankstelle durch die Reibung des Benzins an den Leitungen Funken entstehen oder auch in Flugzeugen, die sich durch die Reibung am Luftstrom elektrisch aufladen. Diese elektrischen Funken verursachen auch in Papier- und Gummifabriken oder in Fabriken, in denen Kraft über Gummi- oder Lederriemen übertragen wird, viel Ärger. Sogar der Absturz des Luftschiffs Hindenburg wurde durch einen kleinen elektrischen Funken verursacht.

Zubehör: Ein Kamm

Fig. 3



Fig. 4



4. ELEKTROSTATISCHES "KLEBEN".

Wenn im Winter die Heizung läuft, ein großes Blatt Papier oder Zeitung an der Heizung erwärmen, dann an die Wand halten und mit der Hand kräftig darüberstreichen. Das Blatt bleibt eine Zeitlang an der Wand kleben, denn durch das Darüberstreichen wurde das Papier elektrostatisch aufgeladen.

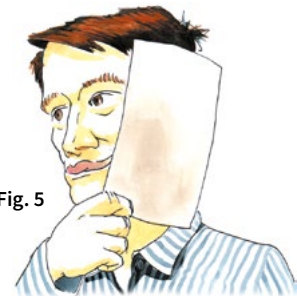
Zubehör: Zeitungspapier

5. ELEKTRISCHES SPINNENNETZ.

Ein an der Heizung erwärmtes Blatt Papier auf ein Heft legen und wie bei Versuch 1 mit der Hand kräftig glattstreichen. Das Blatt dann hochheben und nah an die Wange halten (Bild 5). Es fühlt sich an, als würde ein Spinnennetz die Haut berühren. Durch das Glattstreichen wurde das Papier elektrisch geladen und läßt dann die Härchen auf der Haut "zu Berge stehen", das fühlt sich dann an wie ein Spinnennetz.

Zubehör: Ein Blatt Papier

Fig. 5



6. ELEKTROSTATISCH GELADENE KÖRPER ZIEHEN SICH AN.

Zwei sechskantige Holzbleistifte kreuzförmig übereinanderlegen und die Polyvinylplatte (vorher wieder kräftig mit der trockenen Hand oder einer Zeitung reiben) einem Bleistiftende nähern. Anstatt des oberen Bleistifts kann man auch ein Lineal oder etwas ähnliches benutzen. In jedem Fall wird dieser Gegenstand von der elektrostatisch geladenen Kunststoffplatte angezogen. Die alten Griechen entdeckten schon 600 v. Chr., daß Bernstein (gr. "Elektron") Gegenstände anzieht, wenn diese vorher mit der Hand oder anderen Dingen gerieben worden waren. Daher kommt das Wort "Elektrizität". Heute benutzen wir anstatt des teuren Bernsteins Kunststoff. Auch getrocknetes und geriebenes Papier kann sich elektrostatisch aufladen. Spätere Versuche zeigen, daß sich beim Reiben sowohl die reibenden als auch die geriebenen Körper elektrostatisch aufladen.

Zubehör: 26, zwei Bleistifte

Fig. 6

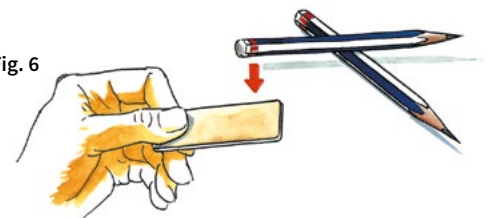
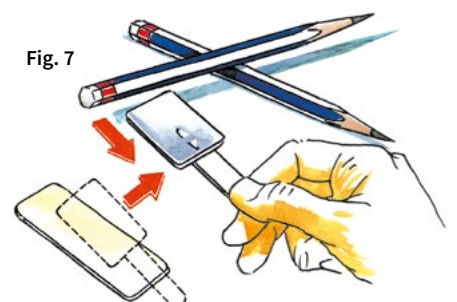


Fig. 7



7. AUCH METALLE KANN MAN ELEKTROSTATISCH AUFLADEN.

Wie beim vorherigen Versuch zwei sechskantige Holzbleistifte kreuzförmig übereinanderlegen. Das Metallplättchen mit dem Plastikgriff am Griff festhalten, gegen die Polyvinylplatte reiben und dann dem oberen Bleistift annähern. Das elektrostatisch geladene Metallplättchen zieht den Bleistift an. Das heißt, sogar Metalle können durch Reiben elektrostatisch geladen werden. Später werden wir herausfinden, warum die Metallplatte einen Plastikgriff hat.

Zubehör: 26, 27, zwei Bleistifte

8. ELEKTROSTATISCH GELADENE KÖRPER STOßEN NICHT GELADENE KÖRPER AB.

Zwei Holzbleistifte auf den Kunststoffsockel legen (Bild 8), dann das elektrostatisch geladene Metallplättchen an den oberen Bleistift heranführen. Das Plättchen zieht den Bleistift an. Wenn es jedoch erneut elektrostatisch geladen wird, stößt es den Bleistift ab. Die bisherigen Versuche haben alle gezeigt, wie elektrostatisch geladene Körper andere Körper anziehen, hier sieht man, daß sie sich in einigen Fällen auch abstoßen können.

Zubehör: 8, 26, 27, zwei Bleistifte

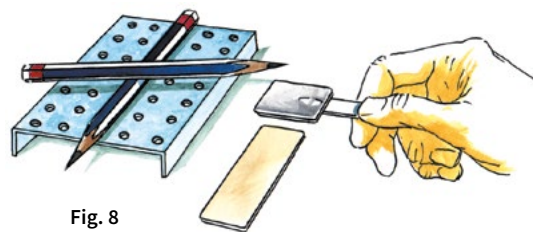


Fig. 8

9. DAS VERHALTEN ELEKTROSTATISCH GELADENER KÖRPER IN DER NÄHE EINES WASSERSTRAHLS.

Führt man die elektrostatisch geladene Polyvinylplatte an einen schwachen Wasserstrahl heran (Bild 9), zieht sie den Strahl an und streut in.

Zubehör: 26, ein Glas Wasser

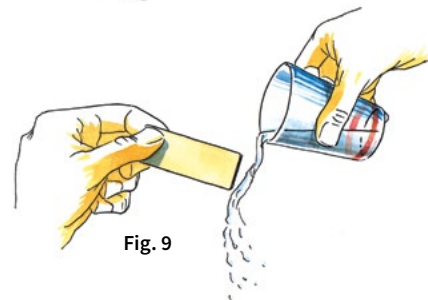


Fig. 9

10. WANN ZIEHEN SICH ELEKTROSTATISCH GELADENE KÖRPER AN, WANN STOßEN SIE SICH AB?

Dieser interessante Versuch läuft so ab:

1. Das Metallplättchen an der Polyvinylplatte reiben und laden.
2. Die Plastikplatte auf die Aluminiumglocke legen, so daß sie sich leicht drehen kann.
3. Das elektrostatisch geladene Metallplättchen an die Platte führen. Ergebnis: sie ziehen sich an.
4. Nun den Plastikgriff am Metallplättchen zwischen den trockenen Fingern oder an Papier reiben und an die Platte heranführen. Ergebnis: sie stoßen sich ab. Somit zeigt dieser Versuch, daß elektrostatische Ladungen unterschiedliche Polarität haben können, durch die sie sich entweder anziehen oder abstoßen.

Zubehör: 13, 26, 27

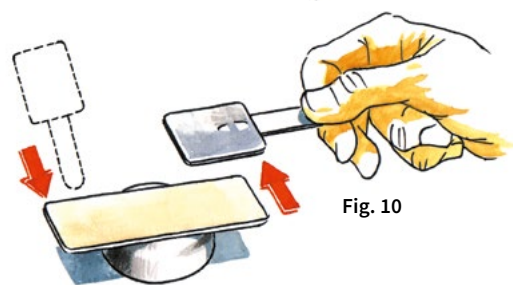


Fig. 10

11. EIN EINFACHES ELEKTROSKOP.

Mit den Teilen des Baukastens läßt sich ein einfaches Elektroskop bauen. Bild 11 zeigt, wie die Teile zusammengesetzt werden. Auf dem Kunststoffsockel eine Metallstange aufstellen, an der ein Papierzeiger aus einem 140 x 12 mm großen Stück Papier befestigt ist. Als Achse dient eine Stecknadel, die etwas oberhalb des Schwerpunktes durch den Zeiger gestochen wird. Das Elektroskop ist funktionsbereit, wenn der Zeiger senkrecht hängt und bei geringer Auslenkung sanft zurückpendelt.

Zubehör: 3 x 5, 3 x 6, 8, 20, 2 x 28, 29, eine Stecknadel, ein Zeiger

12. ELEKTROSTATISCH GELADENER KUNSTSTOFF ZIEHT DEN ELEKTROSKOPZEIGER AN.

Die Polyvinylplatte wird wieder mit der trockenen Hand oder an Papier gerieben und dann in die Nähe des Elektroskopzeigers gebracht (Bild 12). Die Platte zieht den Zeiger an. Den gleichen Versuch kann man mit einem Kamm, einem Stück Glas oder Siegellack durchführen, die man vorher an der Kleidung reibt. Diese Dinge und noch viele andere ziehen den Elektroskopzeiger an, wenn man sie vorher gerieben hat. Durch Reiben werden Körper elektrostatisch aufgeladen.

Zubehör: (11), 26

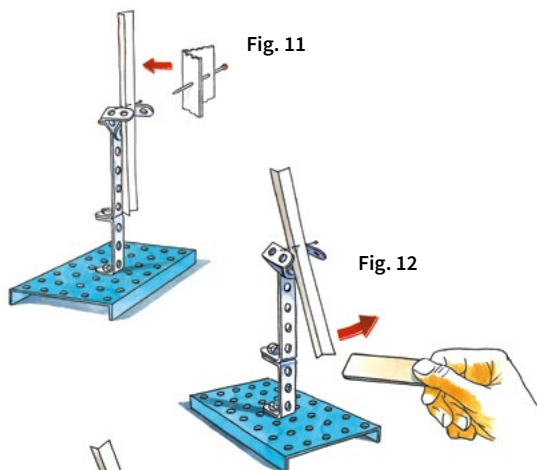


Fig. 11

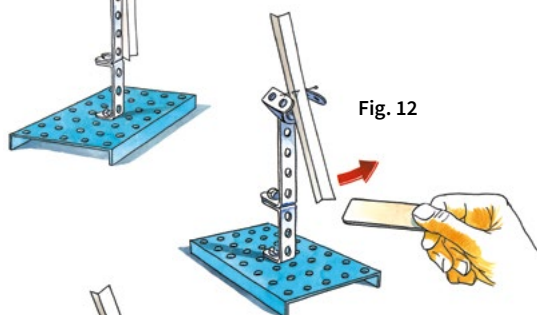


Fig. 12

13. DAS ELEKTROSTATISCH GELADENE METALLPLÄTTCHEN ZIEHEN DEN ELEKTROSKOPZEIGER AN.

Versuch 12 wird wiederholt. Diesmal wird die Polyvinylplatte jedoch nicht mit der Hand gerieben, sondern gegen das Metallplättchen mit dem Plastikgriff. Nähert man das Metallplättchen dem Elektroskopzeiger an, wird er angezogen. Dann wickelt man Papier oder Stoff um den Metallteil und reibt ihn an der Plastikplatte, um das Papier oder den Stoff elektrostatisch aufzuladen. Nähert man nun das umwickelte Metallteil dem Elektroskopzeiger, schlägt er wieder aus. Somit wurden durch das Reiben nicht nur das Metallplättchen, sondern auch das Papier bzw. der Stoff und die geriebene Kunststoffplatte elektrostatisch aufgeladen. Das beweist, daß nicht nur die Körper mit denen man reibt, sondern auch diejenigen an denen man reibt, sich elektrostatisch aufladen.

Zubehör: (11), 26, 27, Papier, Stoff

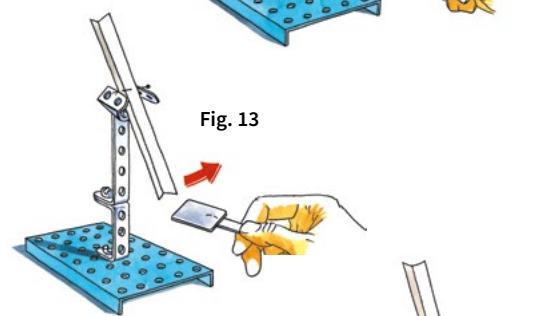


Fig. 13

14. DAS LADEN DES ELEKTROSKOPS.

Die Polyvinylplatte an den Tischrand legen und die Metallplatte am Plastikgriff unter leichtem Druck darauf reiben, dann die Elektroskopstange berühren (Bild 14). Der Zeiger schlägt aus und bleibt in dieser Stellung. Wiederholt man das Gleiche mehrmals, wird der Zeiger immer stärker ausgelenkt, weil die elektrostatische Ladung immer stärker wird.

Zubehör: (11), 26, 27

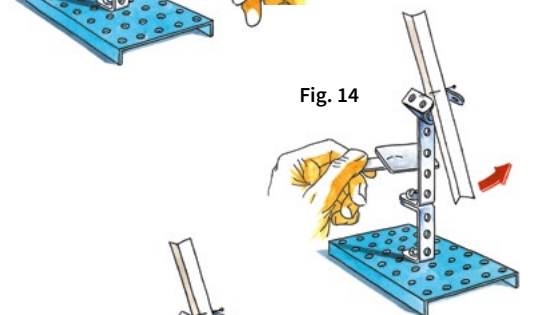


Fig. 14

15. DAS ENTLADEN DES ELEKTROSKOPS.

Berührt man nun die Metallstange des geladenen Elektroskops mit dem Finger (Bild 15), kehrt der Zeiger sofort in die Ausgangsstellung zurück. Die Elektronen sind durch den Körper in die Erde abgeleitet worden (auch der umgekehrte Vorgang wäre möglich). Die vorstehenden Versuche haben gezeigt, daß Körper sich elektrostatisch aufladen, wenn man sie gegen Kunststoff reibt. Kann sich unsere Hand auch elektrostatisch aufladen?

Zubehör: (11)

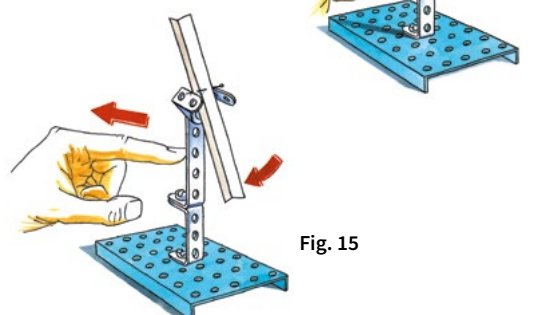


Fig. 15

16. STUFENWEISES LADEN DES ELEKTROSKOPS.

1. Die Polyvinylplatte an den Tischrand legen und das Metallplättchen am Plastikgriff darüber reiben.
2. Das Metallplättchen am Plastikgriff festhalten und auf die Platte legen.
3. Vor dem Anheben das Metallplättchen mit dem Finger berühren.
4. Dann die Elektroskopstange mit dem Metallplättchen berühren. Wiederholt man die Schritte 2, 3 und 4 mehrmals, wird die Auslenkung des Zeigers immer stärker, weil die elektrostatische Ladung immer stärker wird. Die Polyvinylplatte und das Metallplättchen am Plastikgriff bilden zusammen ein Gerät, das Elektrophor (Elektrizitätsträger) heißt.

Zubehör: (11), 26, 27

17. LANGSAMES ENTLADEN DES ELEKTROSKOPS.

Das Elektroskop wie im vorstehenden Versuch beschrieben mit dem Elektrophor laden. Wenn es geladen ist, mit dem Metallplättchen berühren. Der Zeiger fällt etwas. Berührt man mit dem Metallplättchen mehrmals abwechselnd den eigenen Körper und dann die Elektroskopstange, fällt der Zeiger langsam immer weiter.

Zubehör: (11), 26, 27

18. LEITER UND ISOLATOREN.

Das Elektroskop mit dem Elektrophor laden (siehe Versuch Nr. 16), dann die Elektroskopstange mit dem Plastikgriff des Metallplättchens, einem Bleistift, einem Stück Papier, einer Kupferplatte oder anderen Teilen aus dem Baukasten berühren. Was ist festzustellen? Bei Kontakt mit Kunststoff, trockenem Glas, Porzellan, Siegelack, Paraffin etc. bewegt sich der Elektroskopzeiger überhaupt nicht. Daher bezeichnet man diese Stoffe als Isolatoren. Aber Metalle sind gute Elektrizitätsleiter, genauso wie unser Körper, Bleistifte, feuchtes Papier usw.

Zubehör: (11), 24, 26, 27, verschiedene Gegenstände

19. POSITIVE UND NEGATIVE ELEKTRISCHE LADUNG.

Das Elektroskop mit dem Elektrophor laden und das Metallplättchen, mit dem die Ladung vorgenommen wurde, in die Nähe des Zeigers bringen (Bild 19). Der Zeiger bewegt sich weg, d.h. er lenkt aus. Bringt man jedoch die Kunststoffplatte in seine Nähe, wird er angezogen. Dies zeigt, daß Körper unterschiedlich geladen sein können. In diesem Fall sind das Metallplättchen und das geladene Elektroskop positiv geladen, während die Kunststoffplatte negativ geladen ist. Gleich geladene Körper stoßen sich ab, entgegengesetzt geladene Körper ziehen sich an.

Zubehör: (11), 26, 27

20. EIN ELEKTRISCHES PENDEL.

Mit einem elektrischen Pendel kann man eine Reihe sehr interessanter Versuche durchführen. Man baut es aus einer Holundermark- oder Styroporkugel (1), einem Baumwollfaden (2), einem Papierröhrchen (senkrecht stehend) (3), einem Winkelstück (4) und einem zweiten Papierröhrchen (waagrecht stehend) (5). Falls keine Holundermarkoder Styroporkugel verfügbar ist, stattdessen ein kleines Töpfchen aus Alufolie benutzen. Hierzu ein 5 x 3 cm großes Stück Alufolie um einen Bleistift wickeln, vorne zusammendrücken und an einen Baumwollfaden binden. Für die 90mm langen Papierröhrchen ein Blatt Schreibpapier der Länge nach in zwei gleichgroße Teile schneiden (90? 100mm). Jeden Teil mit Klebstoff bestreichen und um die Metallstange aus dem Baukasten wickeln. Bevor der Klebstoff ganz getrocknet ist, das Röhrchen abnehmen. Damit es sich nicht wieder auswickelt, mit einem Klebestreifen schützen. Dann das Röhrchen mit dem Gewindebolzen am Kunststoffsockel befestigen. Für das Winkelstück wird ein Nagel oder ein Stück Draht zu einem gleichschenkeligen rechten Winkel gebogen.

Zubehör: 2 x 6, 8, 9, 12, Papier, Alufolie, Baumwollfaden, ein Nagel oder Draht

21. VERSUCHE MIT DEM ELEKTRISCHEN PENDEL.

1. Nähert man an das Pendel eine elektrostatisch geladene Kunststoffplatte, so zieht diese die Holundermarkkugel (bzw. das Alufolientöpfchen) an und stößt sie gleich darauf wieder ab; man kann sie mit der Kunststoffplatte nicht fangen.
2. Berührt man die Holundermarkkugel mit der Hand und nähert sich mit einer elektrostatisch geladenen Metallplatte, wird die Kugel angezogen und dann sofort stark abgestoßen.

Wie läßt sich das erklären?

Die Kunststoffplatte ist negativ geladen, deshalb zieht sie die Markkugel an, die dann ihrerseits negativ geladen und deshalb abgestoßen wird. Das Metallplättchen ist positiv geladen. Durch den Kontakt mit dem Metallplättchen wird die Markkugel auch positiv geladen und somit abgestoßen. Dies zeigt wiederum, daß Körper mit der gleichen elektrischen Ladung einander abstoßen.

Zubehör: (20), 26, 27

22. KÖRPER MIT ENTGEGENGESETZTER ELEKTRISCHER LADUNG ZIEHEN SICH AN.

Für diesen Versuch braucht man zwei Pendel. Das erste Pendel steht auf einem Kunststoffsockel, das zweite auf der Aluminiumglocke. Die beiden Pendel sollen sich nicht berühren und unterschiedlich elektrisch geladen werden. Schiebt man sie dann aufeinander zu, werden die Markkugeln angezogen, sobald sie sich jedoch berühren, heben sich die Ladungen auf. Das zeigt zweierlei:

1. Entgegengesetzt geladene Körper ziehen einander an.
2. Positive und negative Ladungen gleicher Stärke heben einander auf.

Zubehör: (20), 6, 13, 25, 26, 27, Papier, Alufolie, Baumwollfaden

Fig. 16

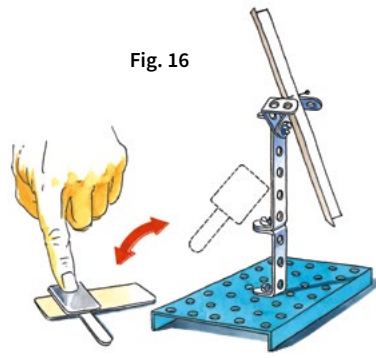


Fig. 17

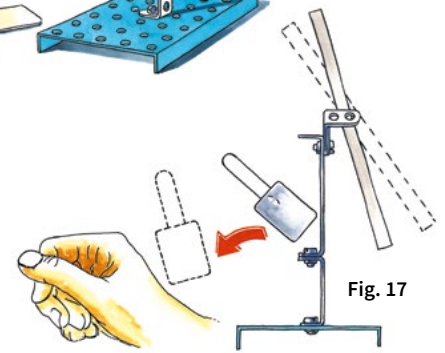


Fig. 19

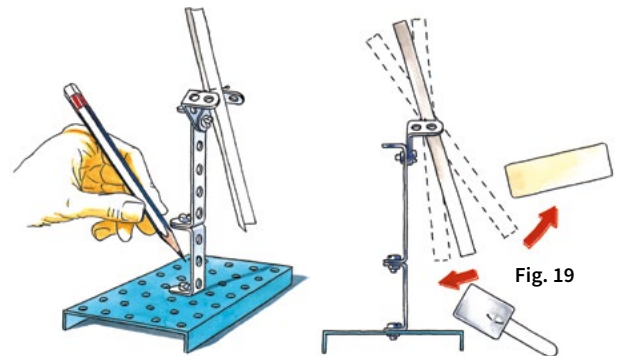


Fig. 18

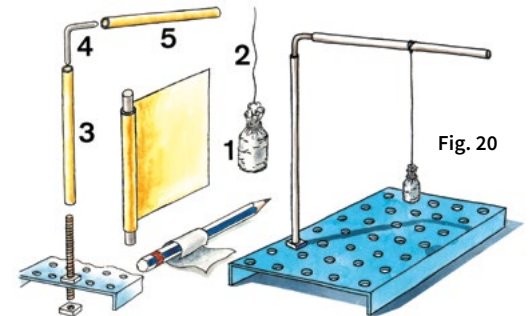


Fig. 20

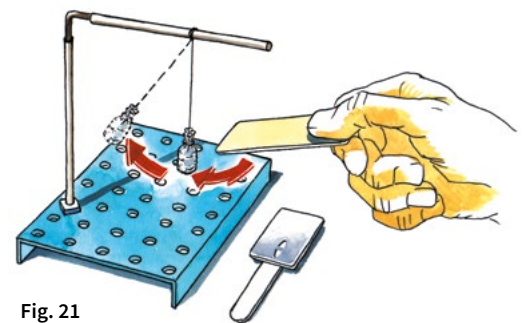


Fig. 21

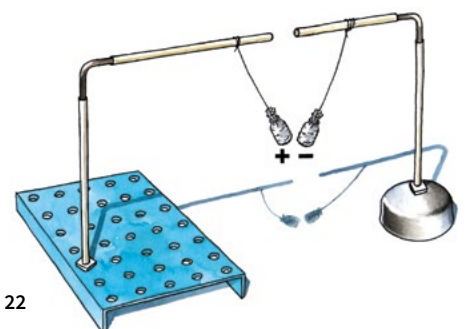


Fig. 22

23. DAS BLÄTTCHENELEKTROSKOP.

Für weitere Versuche mit statischer Elektrizität braucht man ein empfindlicheres Instrument. Geeignet ist ein Blättchenelektroskop, das man so baut:

1. Mit Schraube und Mutter die große, 60 x 12 mm Schelle in der Mitte des Kunststoffsockels befestigen (9).
2. Mit einer weiteren Schraube und Mutter die Glocke am freien Ende der Schelle befestigen, hierbei sollen noch 10 mm der Schraube aus der Glocke herausragen. Darauf wird 90 mm langes Alufolieröhrchen gesteckt. Die Herstellung des Röhrchens ist in Versuch 20 beschrieben. Am oberen Ende des Röhrchens werden zwei Träger aus blankem, 0,3 mm starkem Kupferdraht oder 0,2 mm dickem Konstantdraht befestigt. Der Träger ist ein 10 mm langes und 5 mm breites Rechteck, das so geformt ist, daß man es am Papieröhrchen befestigen kann. Die Blättchen des Elektroskops sollen aus dünnem Papier (8 x 70 mm) sein. Sie werden an den Haltern angebracht, wie in Bild 23 rechts gezeigt. Der Pfeil zeigt, wo das Papier zusammengeklebt ist.

Zubehör: 5, 2 x 6, 8, 13, 20, 25, 36, Papier, Alufolie, Draht

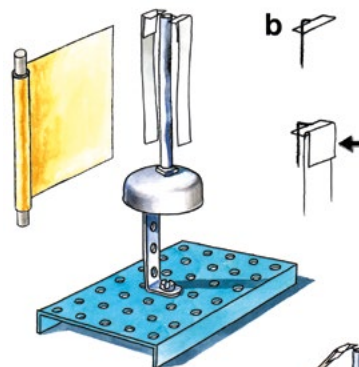


Fig. 23

24. ELEKTRIZITÄT AUS DER STREICHHOLZSCHACHEL.

Das Metallplättchen mit Plastikgriff in die Hülle einer Streichholzschachtel stecken und gegen die Polyvinylplatte reiben. Berührt man das Elektroskop mit dem Finger, gehen die Blättchen zusammen, nähert man sich mit der Schachtelhülle (Bild 24) spreizen sie sich. Man kann nun das Metallplättchen nacheinander mit Papier, Stoff, Pelz usw. umwickeln und durch Reiben an der Kunststoffplatte aufladen. Die Ladung wird dann jeweils mit dem Elektroskop überprüft. Schließlich versucht man ein Stück Glas durch Reiben an Seide oder Wolle zu laden.

Zubehör: (23), 26, 27, eine Streichholzschachtel, Papier, Stoff, Pelz, Glas, Seide oder Wolle

Fig. 24

25. KAPAZITÄT.

Ein Ende des Plastikgriffs am Metallplättchen mit einem Stück Alufolie (siehe das Detail "a") umwickeln, um so zwei Metallplättchen, ein kleines und ein größeres, am gleichen isolierten Griff zu erhalten (Bild 25). Dann wie im Versuch Nr. 16 beschrieben das Elektroskop bis zur stärksten Auslenkung laden. Berührt man das geladene Elektroskop mit dem kleinen Metallplättchen wird der Winkel zwischen den Elektroskopblättchen kleiner. Dann berührt man mit dem gleichen Metallplättchen abwechselnd den eigenen Körper und das Elektroskop, bis dessen Blättchen sehr eng zusammenkommen. Dann das Elektroskop erneut laden und den Versuch mit dem größeren Metallplättchen wiederholen. Welches Metallplättchen hat die größere Kapazität?

Zubehör: (23), 26, 27, Alufolie

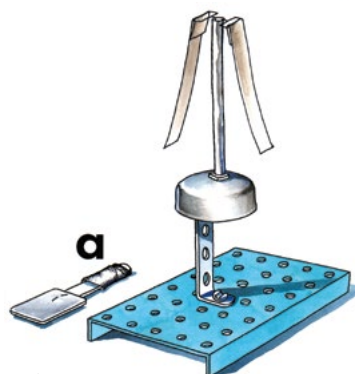


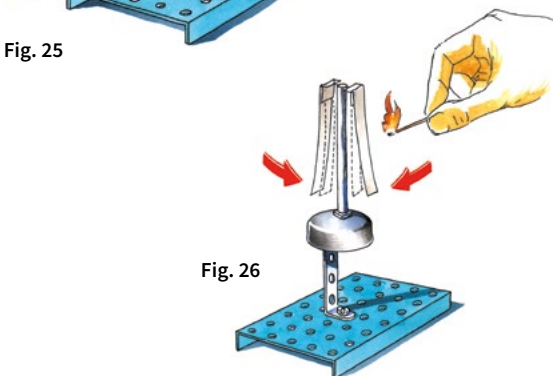
Fig. 25

26. IONISIERUNG DER LUFT.

1. Elektroskop bis zur vollen Ablenkung der Blättchen laden und feststellen, wie lange sie gespreizt bleiben. Bei trockenem Wetter, vor allem im Winter bleiben sie einige Stunden lang abgelenkt, das beweist, daß die Luft ein guter Isolator ist. Bei feuchtem Wetter kehren sie jedoch schnell in ihre ursprüngliche Stellung zurück.
2. Elektroskop erneut laden und ganz vorsichtig ein brennendes Streichholz in die Nähe halten (Vorsicht, damit sie kein Feuer fangen!). Die Blättchen gehen dann sofort zusammen, weil die Luftmoleküle durch die Hitze so schnell bewegt werden, daß sie sich gegenseitig ionisieren. Anders gesagt, die Moleküle laden sich gegenseitig mit Elektronen auf und entladen sich. Die Luft wird ionisiert und ionisierte Luft gilt als schlechter Isolator. Deshalb schlägt der Blitz oft in Feuer ein.

Zubehör: (23), 26, 27, Streichhölzer

Fig. 26



27. ELEKTROSTATISCHE FELDER.

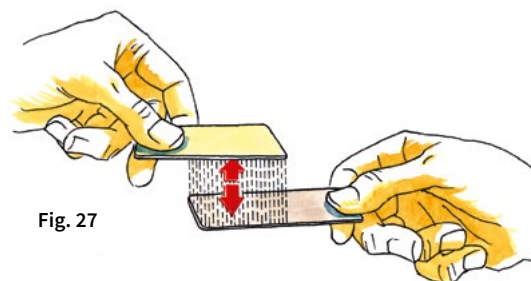
Aus mittelstarkem Karton ein Rechteck der gleichen Größe schneiden wie die Polyvinylplatte im Baukasten. Das Kartonrechteck an die Tischkante legen und mit der Kunststoffplatte abdecken. Was ist festzustellen, wenn man die Kunststoffplatte mit Papier oder der trockenen Hand reibt und dann anhebt?

Beim Anheben der Kunststoffplatte, hebt sich das Kartonrechteck ebenfalls, obwohl es recht schwer ist.

Durch das Reiben wird die Kunststoffplatte negativ geladen, während das Kartonrechteck unter dem Einfluß der negativen Ladung positiv geladen wird. Positive und negative Ladungen ziehen sich grundsätzlich an. Die Anziehungskraft kann recht stark sein und ist zu spüren, wenn man die beiden Platten voneinander trennen will (Bild 27). Zwischen beiden Platten hat sich ein elektrostatisches Feld gebildet.

Zubehör: 26, ein Stück Karton

Fig. 27



28. ELEKTRISCHE KRAFTLINIEN.

Ein Stück Karton an die Tischkante und darunter einen längeren Faden legen. Die Polyvinylplatte auf den Karton legen und mit der Hand oder einem Stück Papier reiben. Mit der einen Hand den Karton festhalten und mit der anderen die Kunststoffplatte ca. 6-8 mm hochheben. Man spürt deutlich einen Widerstand und die Fadenenden richten sich in Richtung der Kunststoffplatte auf. Das kommt daher, daß das elektrostatische Feld zwischen den beiden Platten aus unsichtbaren elektrischen Kraftlinien besteht, deren Richtung die hochstehenden Fadenenden anzeigen.

Zubehör: 26, ein Stück Karton, Faden

Fig. 28



29. KONDENSATOR.

Die elektrostatisch geladene Kunststoffscheibe an die Tischkante legen und das Elektroskop darüber stellen. Die Blättchen des Elektroskops bewegen sich nicht, obwohl die Platte elektrostatisch geladen ist. Warum nicht? Der Kunststoff ist negativ geladen, daher hat der Tisch in dessen Umgebung eine positive Ladung. Wird die Kunststoffplatte nun zusammen mit dem Elektroskop 8-9 cm über den Tisch angehoben, verringert sich seine positive Ladung und die negative Ladung der Platte überwiegt, deshalb spreizen sich die Blättchen nun. Der positiv geladene Tisch und die negativ geladene Platte bilden einen Kondensator. Das Prinzip des Kondensators wurde auch in den Versuchen 27 und 28 schon zugrundegelegt.

Zubehör: (23), 26, 27

30. BESTIMMUNG DER POLUNG MIT EINER GLIMMLAMPE.

Berührt man mit dem negativ geladenen Elektroskop eine Glimmlampe, schließen sich die Elektroskopblättchen und eine der Elektroden der Glimmlampe leuchtet auf. Ist das Elektroskop positiv geladen, leuchtet die andere Elektrode auf.

Glimmlampen benutzt man in Geräten zur Prüfung der Netzspannung. Wenn sie ans Stromnetz angeschlossen werden, leuchten beide Elektroden auf, da die Netzspannung Wechselspannung ist.

Das Experiment in einem abgedunkelten Raum durchführen.

Zubehör: (23), 26, 27, Glimmlampe (im Baukasten nicht enthalten)

31. DIE WIRKUNG VON SPITZEN.

Steckt man oben in das Elektroskop eine Nadel oder ein Stück Draht und nähert sich dann mit dem positiv geladenen Metallplättchen (ohne die Nadel zu berühren), lenken die Elektroskopblättchen aus, obwohl das Elektroskop nicht berührt wurde. Dann bringt man eine Nadelspitze oder ein Stück Draht in die Nähe der Nadelspitze am Elektroskop, wiederum ohne Berührung. Das Elektroskop entlädt sich langsam, falls sich die beiden Nadelspitzen nicht berühren. Offensichtlich wandern die Elektronen über die Nadelspitzen von einem Körper zum anderen.

In der Praxis kann man mit solchen Spitzen eine Reihe technischer Probleme lösen.

In Papierfabriken leitet man die Elektrizität, die durch die Reibung des Papiers entsteht und die Blätter aneinanderkleben läßt mit solchen Spitzen zur Erde ab. Auch die elektrostatische Ladung durch die Luftreibung bei Flugzeugen oder bei Antriebsriemen wird mit Spitzen abgeleitet und man setzt sie als Schutz vor Blitzschlägen an Gebäuden ein.

Zubehör: (23), 26, 27, eine Nadel

32. DER BLITZABLEITER.

Ein Blitzableiter ist eine Eisenstange mit einer Spitze oben. Ein dicker Kupferdraht oder ein Streifen Zinkblech führt von der Spitze zur Erde und ist dort an eine größere Metallmasse angeschlossen.

Nähert sich eine elektrostatisch geladene Wolke dem Gebäude, wird der Blitzableiter durch die Induktion ebenfalls elektrostatisch geladen. Ist die Wolke positiv geladen, ist die Ladung des Gebäudes negativ und umgekehrt. Zwischen der Wolke und dem Gebäude besteht ein sehr starkes elektrisches Feld (Kondensator). Wegen der Wirkung der Spitze des Blitzableiters gehen die Elektronen von der Wolke auf den Blitzableiter über und umgekehrt, somit gleichen sich die elektrostatischen Ladungen aus und es kommt nicht zu einem Blitzschlag. Schlägt der Blitz aber trotzdem ein, dann in den Blitzableiter und nicht ins Gebäude. Der Blitzableiter leitet ihn in die Erde ab. Große Gebäude haben gleich mehrere Blitzableiter.

33. DER FARADAYSCHER KÄFIG.

Es gibt ein altes Märchen über den König eines fernen Landes, dem eine Fee bei der Geburt seiner Tochter prophezeite, daß sie an ihrem 16. Geburtstag sterben würde. Als der Tag näher rückte, baute der König eine Burg, in die man nur durch eine Zugbrücke gelangen konnte. Die Prinzessin und ihre Dienerschaft mußten nun bis zu ihrem 16. Geburtstag in der Burg wohnen. Jedoch gerade an diesem Tag wurde der Himmel plötzlich dunkel und ein starkes Gewitter mit Blitz und Donner brach herein. Mit lautem Krachen schlug der Blitz in die Burg ein und tötete die Prinzessin. Doch das war einmal.

Können wir denn heute unsere Häuser besser gegen Blitzschlag schützen? Ja, das geht. Man kann sie entweder mit einem Blitzableiter oder einem sogenannten Faradayschen Käfig schützen, der sogar noch sicherer ist. Der folgende Versuch zeigt, wie er funktioniert. Einen kleinen Blechbehälter (eine leere Konservendose oder ein Aluschüsselchen) auf die Polyvinylplatte stellen und einige dünne Papierstreifen innen und außen an die Behälterwand kleben (in Bild 33 sind nur zwei Papierstreifen zu sehen). Dann den Behälter (der hier die Funktion des Käfigs hat) mit dem elektrostatisch geladenen Metallplättchen berühren. Die Papierstreifen außen werden abgelenkt, aber die im Inneren bewegen sich nicht, selbst wenn der Behälter wiederholt geladen wird. Die Ladung breitet sich nur an der Außenseite aus, die Innenfläche bleibt ungeladen, d.h. neutral. Das Gleiche würde geschehen, wenn der Behälter durchlöchert wäre oder wenn man stattdessen einen Drahtkorb benützte. Wenn man also ein Haus mit einem Drahtgeflecht umgibt, ist es gegen Blitzschlag geschützt. Der Faradaysche Käfig wird besonders zum Schutz von Munitionslagern eingesetzt.

Zubehör: 8, 26, 27, ein Metallbehälter, Papier

34. NOCH EINIGE WEITERE VERSUCHE.

Mit einer Rasierklinge einige Styroporkügelchen schneiden, auf den Tisch legen und das geladene Metallplättchen in die Nähe bringen. Die Kügelchen werden wie wild auf dem Tisch herumspringen.

Anstelle der Styroporkügelchen kann man auch kleine Papierröllchen verwenden.

Zubehör: 26, 27, Papier, Styropor- oder Papierkügelchen

Fig. 29

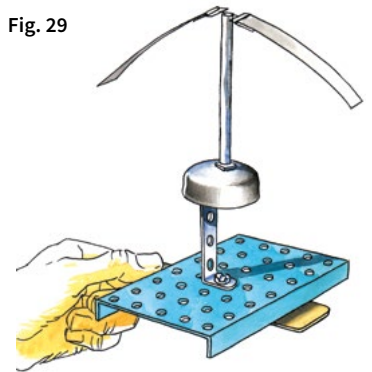


Fig. 30

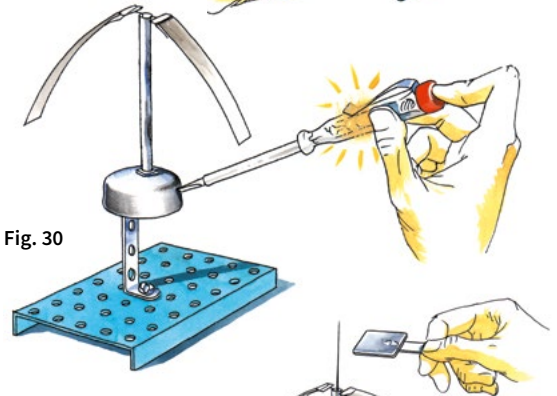


Fig. 31

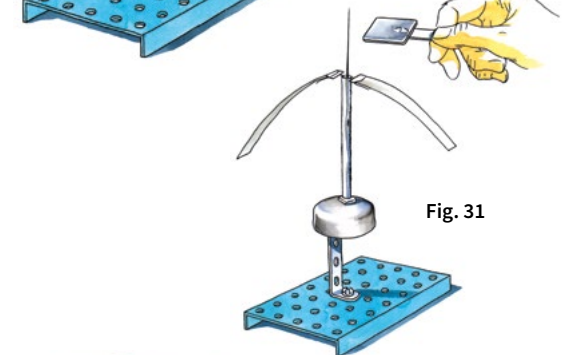


Fig. 32

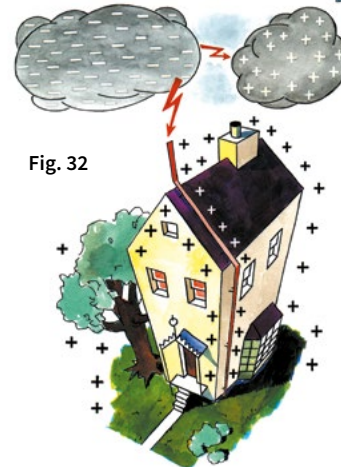


Fig. 33

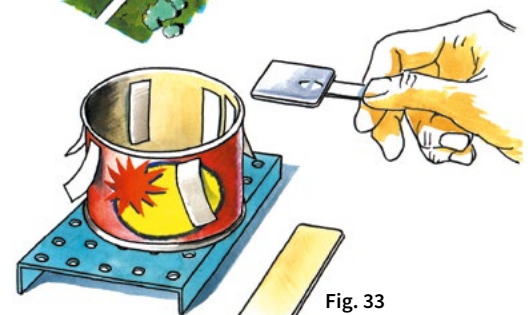


Fig. 34



35. MOLEKÜLE, ATOME, ELEKTRONEN.

Alles in der Natur um uns besteht aus verschiedenen Substanzen. Dabei spricht man von einem Element als reine Substanz, die nicht mehr durch chemische Reaktionen in andere Substanzen aufgeteilt werden kann. Elemente bestehen aus Atomen, die zu Molekülen verbunden sind. Heute kennen wir 109 Elemente, von denen 92 in der Natur vorkommen und die übrigen künstlich durch Kernreaktionen hergestellt sind. Auch, wenn sich die Atome der einzelnen Elemente stark unterscheiden, weisen sie doch einige Gemeinsamkeiten in Aufbau und Größe auf. Jedes Atom hat einen dicken, schweren Kern, um den ständig leichtere oder schwerere Elektronen kreisen. Das einfachste Atom ist das Wasserstoffatom (Bild 35, links). Es hat einen kleinen Kern, um den nur ein Elektron (e) kreist, genauso, wie der Mond um die Erde kreist. Das Heliumatom hat einen größeren Kern, um den zwei Elektronen kreisen. Um einen Litiumkern kreisen 3 Elektronen, um den Eisenkern 26, den Goldkern 79, den Bleikern 82 und um den Uraniumkern 92, auf mehreren Bahnen und in unterschiedlichen Abständen. Die Elektronen im Atom sind an den Kern gebunden, genauso wie der Mond an die Erde oder die Erde an die Sonne gebunden sind. In einigen Körpern können die Atome einige Elektronen verlieren. Wenn Elektronen fehlen, sind diese Körper positiv geladen, Körper die zu viele Elektronen haben, sind negativ geladen.

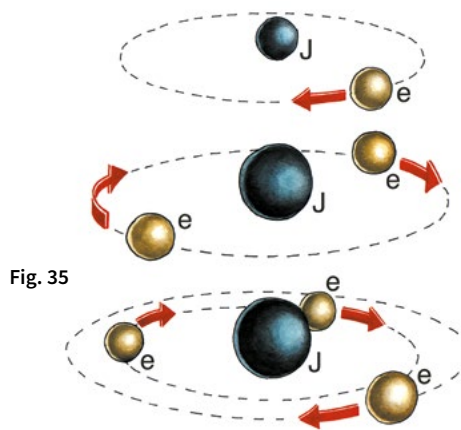


Fig. 35

MAGNETISMUS

36. DAS GEHEIMNIS DES MAGNETISMUS.

Der Baukasten enthält zwei schwere zylindrische Stangen. Eine davon hat eine Schraube am Ende. Ohne irgendwelche weiteren Hilfsmittel zeigt der folgende Versuch

1. welche der beiden Stangen ein Magnet ist und welche nur eine Eisenstange;
2. ob das Eisen vom Magneten angezogen wird oder umgekehrt.

Der Versuch läuft so: eine der beiden Stangen auf den Tisch legen und versuchen, sie mit der anderen aufzuheben, indem man sie ungefähr in der Mitte berührt (siehe Bild 36 a und b). Markiere die Mitte auf den beiden Metallstangen. Wenn die Stange auf dem Tisch sich anheben läßt, dann ist die andere der Magnet. Wenn aber die Stange auf dem Tisch liegenbleibt, dann ist diese der Magnet. Weiter unten wird erklärt, warum das so ist.

Diese Versuche zeigen nicht nur, daß der Magnet das Eisen anzieht, sondern, daß auch das Eisen den Magneten anzieht. Das heißt beide ziehen sich gegenseitig an.

Zubehör: 10, 16

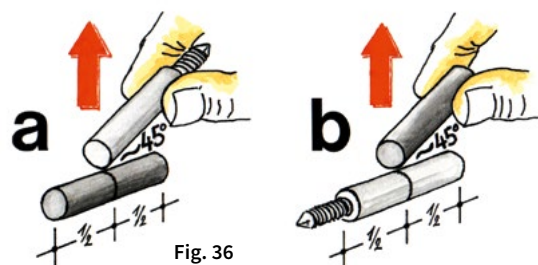


Fig. 36

37. DER MAGNET.

Die alten Griechen entdeckten in der Nähe der kleinasiatischen Stadt Magnesia (Türkei) ein Erz, das kleine Eisenteile anziehen konnte. Der Legende nach wurden solche Erzteilchen von den eisenbeschlagenen Spitzen der Hirtenstäbe angezogen. Die Griechen nannten das Erz Magnetit und die Anziehungskraft Magnetismus. Wir sehen später, daß man mit einem solchen natürlichen Magneten auch künstliche herstellen kann. Auch der Baukasten enthält einen künstlichen Magneten, der nicht mit Magnetit gemacht worden ist, sondern mit Elektrizität. Mit diesem Magneten kann man Schrauben und Muttern im Baukasten und noch viele andere Gegenstände anheben.

Zubehör: 5, 6, 10

38. ZIEHT EIN MAGNET NUR EISERNE GEGENSTÄNDE AN?

Um diese Frage zu beantworten, legt man einige Teile aus unterschiedlichen Metallen auf den Tisch und versucht, sie mit dem Magnet zu heben. Welche lassen sich anheben? Es lassen sich alle Teile aus Eisen, z.B. Schrauben, Muttern, Nägel und Eisenblech heben, aber die aus Zink, Kupfer oder Blei werden vom Magneten nicht angezogen. Weitere Versuche werden zeigen, daß außer Teile aus Eisen auch solche aus Nickel und Kobalt angezogen werden. Die Anziehungskraft des Magneten ist bei sogenannten magnetischen Legierungen wie Al-Ni, Al-Ni-Co am stärksten. Der Magnet im Baukasten ist aus Al-Ni-Co, einer Aluminium-Nickel-Kobalt-Legierung.

Zubehör: 5, 6, 10, 23, 24, Metallteile

39. EIN MAGNET HAT ZWEI POLE.

Schüttet man die Eisenspäne aus dem Baukasten auf ein Blatt Papier, taucht den Magnet in der Mitte ein und zieht ihn sofort wieder zurück, dann bleiben die Späne am Magneten haften, aber nicht gleichmäßig entlang der gesamten Länge. Die Enden, an denen die Anziehungskraft am stärksten ist, heißen Pole. Jeder Magnet hat zwei Pole. Dort ist der Magnetismus am stärksten und in der Mitte des Magneten ist er gleich Null. Ist das Geheimnis aus Versuch Nr. 36 jetzt klar?

Zubehör: 3, 10, ein Blatt Papier

40. DAS MAGNETISCHE FELD.

Den Magneten unter den Kunststoffsockel schieben und auf den Sockel ein 9,5 x 7 cm großes Kobalt Stück Karton legen. Als Nächstes:

1. Einige Eisenspäne auf den Karton streuen und mit einem Bleistift leicht antippen. Die Späne werden ein bestimmtes Linienmuster zeigen, das sich in sämtliche Richtungen von einem Pol ausbreitet und in kleineren oder größeren Bogen zum anderen Pol verläuft. Die Späne formieren sich entlang der unsichtbaren Kraftlinien.
2. Wiederholt man das Experiment, wenn der Karton zwei oder drei cm angehoben ist, formieren sich die Späne entlang der magnetischen Kraftlinien.



Fig. 37

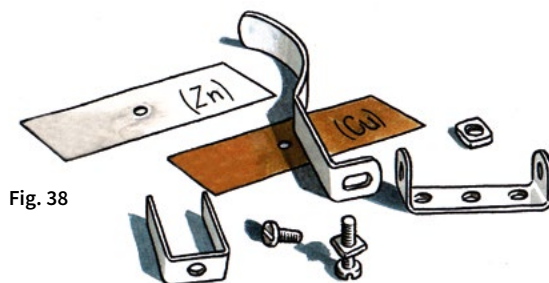


Fig. 38

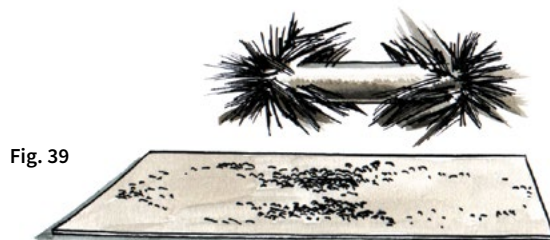


Fig. 39

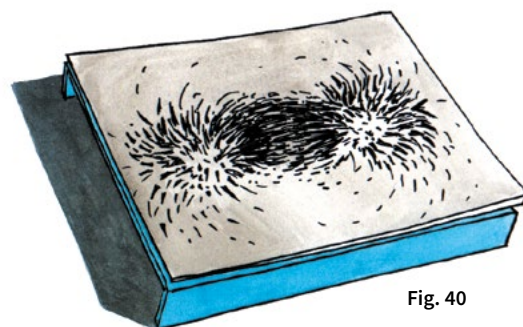


Fig. 40

3. Wiederholt man den Versuch, nachdem man den Magneten senkrecht aufgestellt hat, ergibt sich kein besonderes Muster.

Das zeigt: im Bereich des Magneten verlaufen magnetische Kraftlinien. Sie bilden ein magnetisches Kraftfeld, das an den Polen am stärksten ist.

Zubehör: 3, 8, 10, Karton

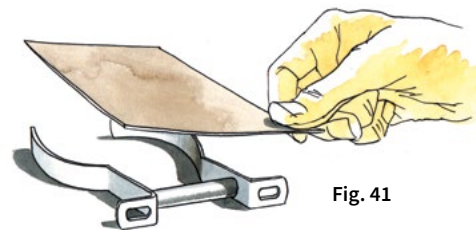


Fig. 41

41. DAS MAGNETISCHE FELD ZWISCHEN UNGLEICHNAMIGEN POLEN.

Den Magneten auf den Tisch legen und wie in Bild 41 gezeigt, an jedes Ende ein Statorblech. Mit einem Karton abdecken und einige Eisenspäne darauf streuen, leicht antippen. Die Eisenspäne formieren sich wie auch bei den vorherigen Versuchen, entlang der Kraftlinien des Magnetfeldes und sie tun dies auch zwischen den beiden Blechen. Das ist für das Verständnis der Funktion von Generatoren und Elektromotoren besonders wichtig.

Zubehör: 3, 10, 15, Karton

42. DAS MAGNETISCHE FELD ZWISCHEN GLEICHNAMIGEN POLEN.

Der Magnet und die beiden Statorbleche werden dieses Mal wie in Bild 42 auf den Tisch gelegt. Die Bleche berühren den gleichen Magnetpol. Wiederum mit Karton abdecken und darauf Eisenspäne streuen. Bei dieser Beobachtung geht es nicht darum, was die Späne direkt am Magneten tun sondern die, zwischen den beiden Blechen. Dort bleibt sie völlig ungeordnet liegen, d.h. dort wirken keine magnetischen Feldlinien. Aber außerhalb der von den Blechen abgeschirmten Fläche bildet die Späne ein sehr dichtes Bogenmuster, das von den Blechen zum entgegengesetzten Magnetpol reichen. Daraus läßt sich ersehen, daß die Magnetpole nicht gleich sind. Das zeigen die nachfolgenden Versuche noch deutlicher.

Zubehör: 3, 10, 15, Karton

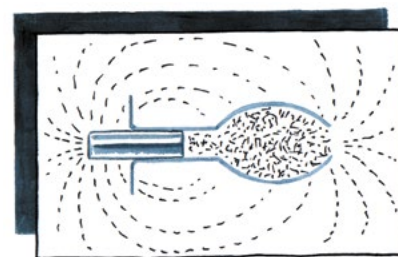


Fig. 42

43. NORD- UND SÜDPOL EINES MAGNETEN.

Der Magnet wird mit einem Stück Papier waagrecht an einem ungezwirnten Faden (z.B. von einem Baumwollfaden) aufgehängt. Dazu verwenden wir den Ständer, den wir auch beim Versuch 20 benutzt haben. Nach einiger Zeit kommt der Magnet zur Ruhe, dabei zeigt eines seiner Enden immer nach Norden und das andere nach Süden. Der Magnet hat zwei Pole, den Nord- und den Südpol. Den Nordpol mit Farbe oder einem Papierstückchen markieren. Dieser Pol zeigt immer in die Richtung, in der sich der Nordpol der Erde befindet.

Zubehör: (20), 10, Papier, Faden

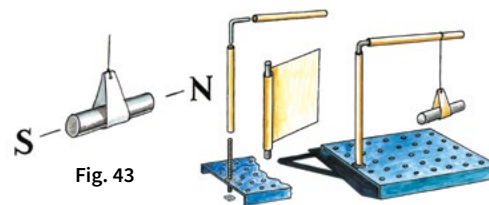


Fig. 43

44. DER MAGNETISMUS VON STAHL UND EISEN.

1. Mit dem gleichen Pol des Magneten so, wie in Bild 44 gezeigt, mehrmals in der gleichen Richtung und dem selben Pol über eine Stricknadel oder eine dickere Nähadel entlangstreichen. Dann ein Ende der Stricknadel in die Eisenspäne tauchen: sie werden von der Nadel angezogen, das heißt, die Nadel wurde magnetisiert. Mit einem Versuch läßt sich zeigen, daß auch die Nadel zwei Pole hat. Wird sie an einem Faden aufgehängt, nimmt sie auch eine Stellung ein, in der ein Pol nach Norden und der andere nach Süden zeigt.

2. Jetzt magnetisieren wir die Eisenstange aus dem Baukasten in gleicher Weise. Die Stange zieht nur sehr wenige Eisenspäne an, d.h. sie ist nicht sehr stark magnetisch. Und auch dieser Magnetismus geht schnell wieder verloren. Stahl kann dauerhaft zum Magneten werden, Eisen jedoch nur vorübergehend.

Zubehör: 3, 9, 10, eine Stricknadel aus Metall



Fig. 44

45. HOHE TEMPERATUREN HEBEN DEN MAGNETISMUS AUF.

Wenn man eine magnetisierte Stricknadel einige Sekunden in die Flamme einer Kerze hält und dann den Magnetismus überprüft, zeigt sich, daß sie nicht mehr magnetisch ist.

Zubehör: 3, 10, eine Kerze, eine Stricknadel aus Metall

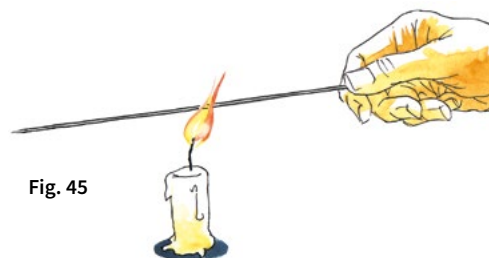


Fig. 45

46. BIEGEN EINES MAGNETEN (ENTMAGNETISIERUNG).

Eine magnetisierte Stricknadel in verschiedene Richtungen biegen, den Ablauf mehrmals wiederholen und dann den Magnetismus der Nadel überprüfen. Dabei zeigt sich, daß die Nadel durch das Biegen die Magnetisierung verloren hat. Das gleiche passiert, wenn man die Nadel auf den Boden wirft, gegen den Tisch schlägt.

Zubehör: 3, 10, eine Stricknadel aus Metall



Fig. 46

47. MAGNETISIEREN EINES TASCHENMESSERS.

Mit dem Magneten mehrmals über die Schneide des Taschenmessers streichen wie in Bild 47 gezeigt. Dann die Schnittkante an Schrauben oder Eisenspäne halten und es zeigt sich, daß das Taschenmesser magnetisiert wurde. Mit welchem Magnetpol wurde das Messer magnetisiert und welcher Pol hat sich an der Messerspitze gebildet? Kann man ein magnetisiertes Taschenmesser als Kompaß benutzen?

Zubehör: 3, 5, 10, Taschenmesser

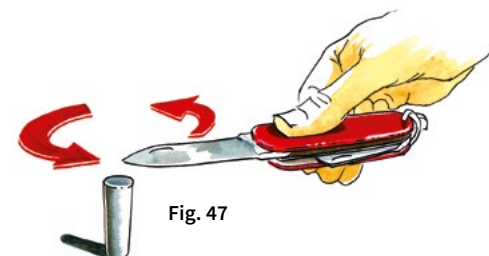


Fig. 47

48. DIE STÄRKE EINES MAGNETEN.

Mittlerweile sind schon mehrere Magnete erwähnt worden. Welcher ist am stärksten und wie stark ist er? Natürlich ist der Al-Ni-Co-Magnet aus dem Baukasten der stärkste. Aber wie können wir seine Stärke prüfen?

1. Außer dem Magneten braucht man auch noch einen Anker und einen Pappbecher, der mit einem dünnen Faden an den Anker gebunden wird (siehe Bild 48). Anker und Becher mit dem Magneten anheben, dann verschiedene Teile aus dem Baukasten in den Becher laden, bis der Magnet den schweren Anker nicht mehr halten kann. Notiere welcher Magnet welche Last höchstens tragen konnte. Man kann natürlich auch kleine Gewichte in den Becher laden und so exakt angeben, welche Last jeder Magnet tragen kann.

2. Jetzt noch den Kernmantel aus dem Baukasten auf den Magneten setzen (Bild 48) und das Experiment wie zuvor beschrieben wiederholen. Wie stark ist der Magnet jetzt?

Obwohl es sich um den gleichen Magneten handelt, ist er stärker geworden, weil jetzt beide Magnetpole benutzt werden, zuvor war es nur einer.

Zubehör: 10, 17, 18, Karton, Faden, verschiedene Teile

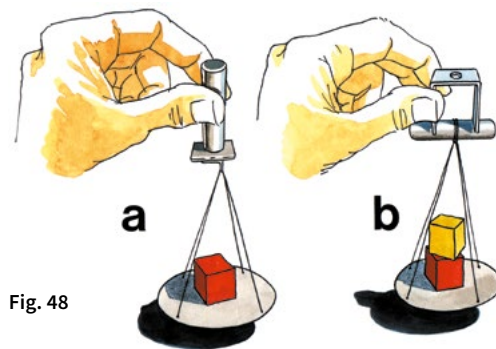


Fig. 48

49. DIE KOMPAßNADEL (MAGNETNADEL).

Der Kompaß im Baukasten enthält eine Magnetonadel. Da man sie nicht herausnehmen kann, macht man sich einfach noch einen anderen Kompaß nach der folgenden Anleitung:

Zwei Nähadeln mit einem durch beide Öhre gesteckten Faden aneinanderbinden. Die neue Doppelnadel wird magnetisiert, indem man das eine Ende der Nadel am Nordpol des Magneten und das andere Ende am Südpol des Magneten reibt; fünfmal oder noch öfter wiederholen, und immer in die gleiche Richtung reiben. Dadurch werden beide Nadeln magnetisiert und funktionieren wie eine Kompaßnadel. Hängt man sie waagrecht an einem 12 - 20 cm langen Faden auf und wartet, bis sie in Ruhestellung ist, zeigt ein Ende nach Norden, das andere nach Süden.

Zubehör: 10, zwei Nähadeln, Faden, Papier

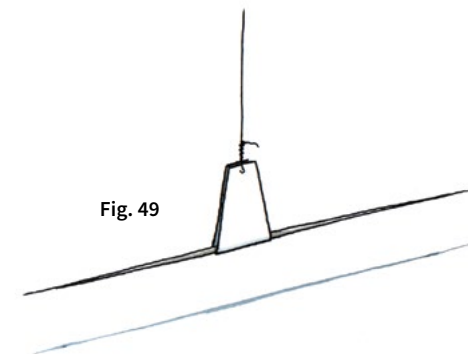


Fig. 49

50. STÄRKE DES MAGNETFELDES.

Die Kompaßnadel waagrecht an den Ständer hängen und in Ruhestellung kommen lassen. Dann den Nordpol des Magneten langsam von ca. 10 cm Entfernung auf die Nadel zu bewegen. Bewegt sich die Nadel?

Warten, bis sie wieder in Ruhe ist, dann den Magneten schnell herumdrehen und den Südpol in Richtung Nadel bringen. Wenn sich die Kompaßnadel nicht bewegt, weil die Entfernung zu groß ist, dann auf 8 - 9 cm herangehen. Das Magnetfeld ist recht groß, obwohl der Magnet selbst relativ klein ist.

Dieser Versuch zeigt auch, daß die Stärke des Magnetfeldes sich mit dem Quadrat der Entfernung vom Magneten abschwächt. Das bedeutet, daß das Magnetfeld direkt um den Magneten herum am stärksten ist.

Zubehör: (20), (49), 10

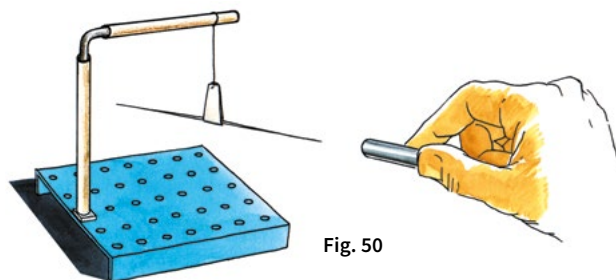


Fig. 50

51. DER KOMPAß.

Der Kompaß im Baukasten ist etwas anders als ein gewöhnlicher Kompaß; er hat noch einen zusätzlichen Bestandteil. Gewöhnlich besteht ein Kompaß aus einer Kompaßnadel, deren blaues Ende immer nach Norden und deren rotes Ende immer nach Süden zeigt.

Die Kompaßnadel sitzt auf einer

Stahlschuppe und kann sich ungehindert drehen, wenn man den Kompaß waagrecht hält.

Auf dem Boden des Gehäuses befindet sich die Windrose, die die Himmelsrichtungen anzeigt. International üblich ist die Bezeichnung der vier Himmelsrichtungen mit dem Anfangsbuchstaben der englischen Wörter:

S - Süden (engl. South)

N - Norden (engl. North)

E - Osten (engl. East)

W - Westen (engl. West)

Der Kompaß im Baukasten hat aber noch eine gelbe Nadel, die als Zeiger dient, wenn man den Kompaß als Galvanoskop verwendet. Der Einfachheit halber, enthält der Kompaß in den Abbildungen für die folgenden Versuche immer nur die blau-rote Kompaßnadel.

Zubehör: 34

52. DIE GEGENSEITIGE EINWIRKUNG VON MAGNETPOLEN.

1. Den Nordpol des Stabmagneten an den Südpol der Kompaßnadel annähern.

2. Den Nordpol des Stabmagneten an den Nordpol der Kompaßnadel annähern

3. Obige Versuche mit dem Südpol des Magneten wiederholen.

Diese einfachen Versuche zeigen eines der Grundgesetze des Magnetismus: gleiche magnetische Pole stoßen einander ab, ungleiche ziehen sich an.

Zubehör: 10, 34

53. DER KOMPAß IM MAGNETFELD.

Den Magneten in die Mitte eines großen Blatt Papiers legen und mit dem Kompaß die Größe des Magnetfeldes nachweisen. Den Kompaß an mindestens dreißig verschiedene Stellen um den Magneten herum legen und die Stellung der Nadel mit Pfeilen markieren, die in die gleiche Richtung zeigen wie die Nadel. Wenn man sich die Pfeile dann genau ansieht, stellt man fest, daß die Kompaßnadel innerhalb des Magnetfeldes immer die gleiche Richtung annimmt wie die magnetischen Kraftlinien.

Zubehör: 10, 34, Papier

Fig. 51

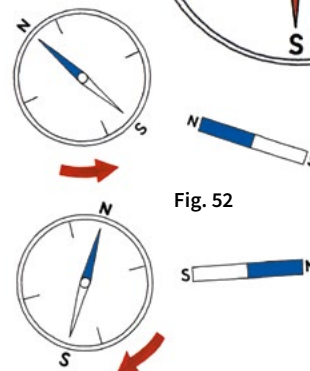
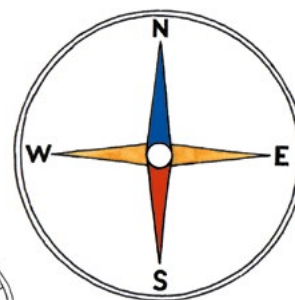


Fig. 52

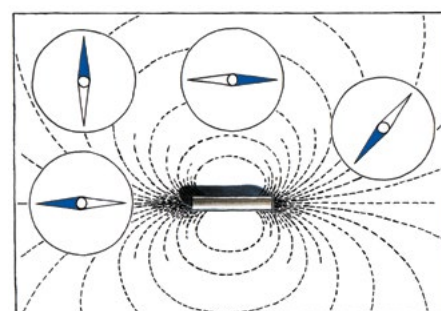


Fig. 53

54. DIE ERDE ALS MAGNET.

Bild 54 zeigt die Erde mit ihren magnetischen Kraftlinien. Die gerade Linie mit N für Norden und S für Süden zeigt die geografische Achse der Erde an. Wenn die Erde eine Wirkung auf die Kompaßnadel hat, dann heißt das, daß die Erde selbst ein großer Magnet ist, dessen magnetischer Südpol in der Nähe des geographischen Nordpols liegt und umgekehrt, liegt der magnetische Nordpol in der Nähe des geographischen Südpols. Das Magnetfeld umfaßt die ganze Erde. Innerhalb dieses Magnetfeldes richtet sich die Kompaßnadel immer nach den magnetischen Kraftlinien aus, die von Nord nach Süd laufen.

55. MAGNETISCHE DEKLINATION.

Die magnetischen Pole stimmen nicht exakt mit den geografischen Polen überein. Das bedeutet, dass die Kompaßnadel nie ganz genau nach Norden zeigt, sondern etwas von dieser Richtung abweicht. Die gerade Linie a-b (siehe Bild 54) wird magnetischer Meridian genannt. Der Winkel zwischen dem magnetischen (a-b) und dem geografischen Meridian (N-S) nennt man magnetische Deklination.

Viele Messungen haben im Laufe der Jahre gezeigt, daß diese magnetische Deklination nicht überall auf der Erde gleich und auch nicht an jeder Stelle immer dieselbe sind. Da der Kompaß für die Orientierung im internationalen Verkehr sehr wichtig ist, muß man die magnetische Deklination an bestimmten Stellen kennen. Diese ist in magnetischen Karten eingetragen.

Zubehör: 34

56. ORIENTIERUNG MIT DER LANDKARTE.

Eine Landkarte Europas auf dem Tisch ausbreiten, dann den Kompaß an den Rand legen und die Karte solange drehen, bis sie mit der Kompaßnadel übereinstimmt. So zeigt die Karte nach Norden. Nun kann man verschiedene Städte in Europa suchen und sehen in welcher Richtung sie liegen. Zur genauen Orientierung muß die magnetische Deklination einbezogen werden. Das ist der Winkel zwischen dem geografischen und dem magnetischen Meridian (Längengrad). In Mitteleuropa sind das ca. 4 Grad nach Westen.

Zubehör: 34, eine Landkarte von Europa

57. DIE TEILUNG EINES MAGNETEN.

Zuerst eine Metallstricknadel magnetisieren. Nun kann man mit dem Kompaß nachweisen, daß sie einen Nord- und einen Südpol hat. Das wußten wir schon. Wenn man die Nadel jetzt durchbricht, ist jede Hälfte wieder ein richtiger Magnet mit einem Nord- und einem Südpol. Zerbricht man die einzelnen Teile weiter, dann bleibt das so. Egal wie klein die Teile werden, sie haben immer zwei Pole.

Zubehör: 10, 34, Stricknadel aus Metall

58. GLEICHRICHTUNG KLEINER MAGNETE.

Die Dose mit den Eisenspänen gut schütteln und durcheinander mischen, dann den Kompaß auf die Dose legen. Sobald die Kompaßnadel in Ruhestellung ist und Nord-Süd anzeigt, die Dose mit den Spänen und dem Kompaß langsam drehen (Bild 58, links). Die Kompaßnadel ändert ihre Richtung nicht. Dann den Versuch wiederholen und den Magneten auf die Dose legen. Die Dose wieder schütteln und den Inhalt mischen (Bild 58, Mitte), den Magneten wegnehmen und stattdessen den Kompaß darauf legen. Die Kompaßnadel geht in Ruhestellung. Wenn wir jetzt die Dose und den Kompaß zusammen drehen, dreht sich die Nadel mit. Warum?

Zubehör: 3, 10, 34

59. MAGNETISCHE INDUKTION.

Taucht man ein Eisenteil aus dem Baukasten in die Eisenspäne, so stellt man fest, daß keines magnetisch ist. Aber sie werden alle magnetisch, wenn ein Magnet in die Nähe kommt (Bild 59). Sobald er weggenommen wird, geht der Magnetismus verloren. Diese Wirkung des Magneten auf Objekte im Magnetfeld heißt "magnetische Induktion".

Zubehör: 3, 10, 15

60. REMANENTER MAGNETISMUS.

Einen Magneten an eine Eisenstange halten und die Eisenstange in eine Schachtel mit Schrauben und Muttern tauchen. Die Eisenstange zieht viele Schrauben und Muttern an, d.h. sie ist magnetisch geworden. Dann den Magneten zusammen mit der Eisenstange und den daran klebenden Schrauben und Muttern hochheben, die Eisenstange festhalten und den Magneten wegnehmen. Die meisten der daran klebenden Teile fallen herunter, d.h. die Magnetkraft in der Stange ist schwächer geworden. Aber einige Teile bleiben daran kleben, also ist noch etwas Magnetismus vorhanden. Das nennt man magnetische Remanenz, die für den Bau von Gleichstrommotoren sehr wichtig ist.

Zubehör: 5, 6, 10, 16

61. DIE MAGNETWIRKUNG DURCH VERSCHIEDENE STOFFE HINDURCH.

Bild 61 zeigt einen Versuch, bei dem sich zwischen dem Magneten und der Eisenmutter ein Stück Karton befindet. Trotz des dazwischen liegenden Kartons wird die Mutter vom Magneten angezogen. Die Mutter bewegt sich sogar, wenn man den Magneten bewegt. Jetzt kann man mit dem selben Experiment überprüfen, ob der Magnet so stark ist, dass er durch ein Plastik- oder Holzlineal wirkt, und er die Mutter bewegen kann, wenn man sie oben auf das Lineal legt. Dieser und weitere Versuche zeigen, daß ein Magnetfeld auch durch Glas, Kupfer, Aluminium, Holz und viele andere Stoffe hindurch wirkt, jedoch nicht durch Eisen.

Zubehör: 6, 10, Karton, ein Holzlineal

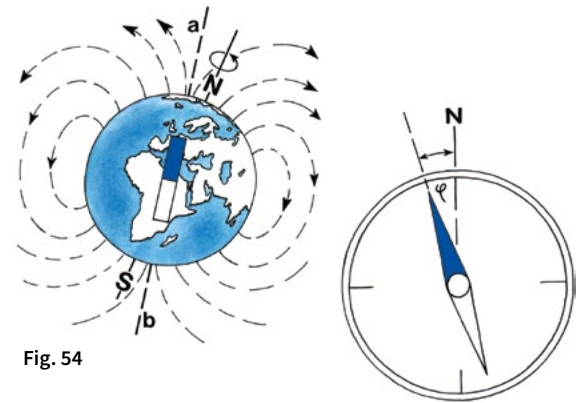


Fig. 54

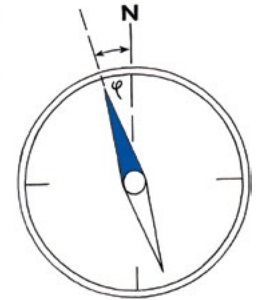


Fig. 55



Fig. 56

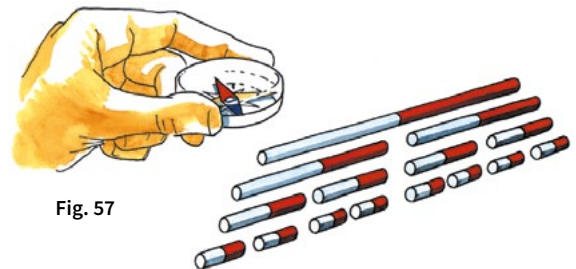


Fig. 57



Fig. 58



Fig. 59

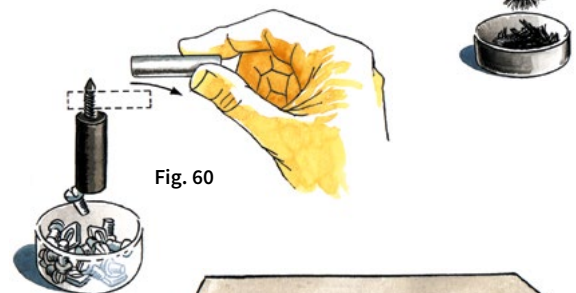


Fig. 60

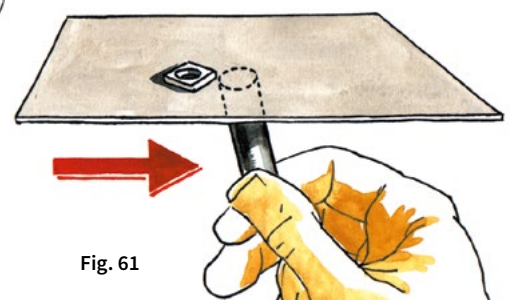


Fig. 61

62. BLOCKIERUNG DER MAGNETWIRKUNG.

Um dieses Phänomen nachzuweisen, legen wir den Magneten aus dem Baukasten in eine Bonbondose aus Eisenblech. Nähert man sich mit dem Kompaß, stellt man fest, daß das Magnetfeld durch die Dose erheblich abgeschwächt wird. Wenn die Wände der Dose noch dicker wären, würde die Magnetkraft völlig blockiert. Das zeigt, daß die Magnetkraft durch ein Eisenschild nach außen abgeschirmt werden kann und auch umgekehrt, Magnete von außen nicht in den abgeschirmten Bereich hineinwirken können.

Zubehör: 10, 34, Eisenblechdose



Fig. 62

63. DAS ASTATISCHE NADELPAAR.

In der Technik verwendet man oft Kompaßnadeln, die nicht vom Erdmagnetismus beeinflusst werden. Man nennt sie astatische Nadelpaare und sie werden folgendermaßen hergestellt. Zwei gleich lange Nähnadeln so magnetisieren, daß an den Öhren gleichnamige Pole entstehen. Dann in ein langes Papierröhrchen stecken, so daß die Pole an jeder Seite ungleich sind (Bild 63). Hängt man dieses astatische Nadelpaar dann mit einem dünnen, ungezwirnten Faden auf, richten sie sich nicht in Nord-Südrichtung aus. Astatische Nadelpaare werden beim Bau empfindlicher Galvanoskope und Galvanometer benutzt.

Zubehör: 10, zwei lange Nähnadeln, Papier, Faden

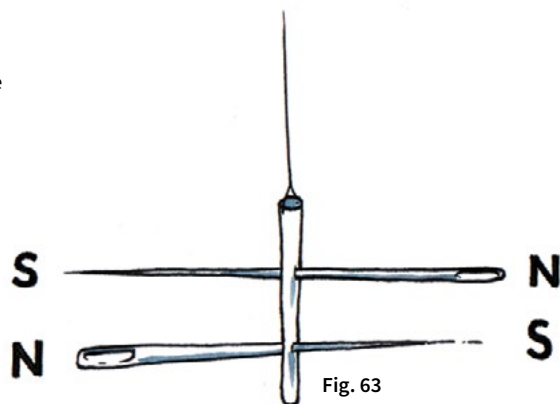


Fig. 63

64. DIE MAGNETISCHE BREMSE.

Die Aluminiumglocke mit der Öffnung nach unten an den Ständer aus Versuch 20 hängen (Bild 64). (Am besten klebt man dazu starkes Papier um den Glockenrand und befestigt daran drei Fäden, um die Glocke daran aufzuhängen). Die Glocke sollte genau so hoch hängen, daß man den Magneten darunter stellen kann. Der Versuch läuft in zwei Schritten ab:

1. Den Magneten entfernen, die Glocke an der Seite mit einem Strich markieren und dreimal drehen. Während sie sich dann selbst ungehindert zurückdreht, merkt man sich die Anzahl der Umdrehungen, die sie braucht, um in die Ausgangsstellung zurückzukehren.
2. Sobald die Glocke wieder ganz ruhig hängt, den Magneten wieder darunter stellen und genauso drehen wie zuvor. Zählt man dieses Mal die Umdrehungen, so stellt man fest, daß sich die Glocke weniger oft dreht und langsamer in die Ausgangsstellung zurückkehrt als beim ersten Versuch.

Warum ist das so?

Wir wissen schon, daß ein Magnet Aluminium nicht anzieht, aber der Versuch hat gezeigt, daß er wie eine Bremse wirkt. Wenn sich die Aluminiumglocke dreht, erzeugen die magnetischen Kraftlinien im Aluminium elektrischen Strom. Diesem elektrischen Feld wirkt das magnetische Feld entgegen, daher kommt die Bremswirkung.

Zubehör: (20), 10, 13, Bindfaden, Kartonpapier

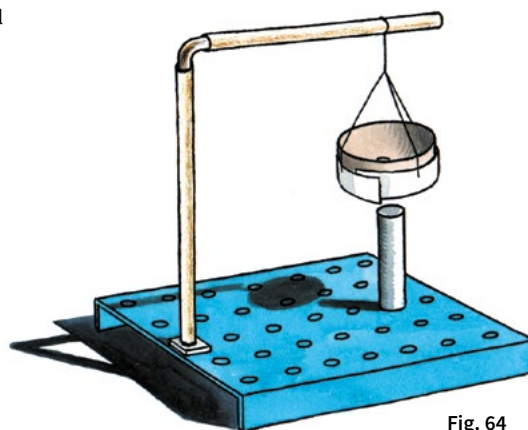


Fig. 64

65. DER SCHIFFSKOMPAß.

Ein Schiffskompaß ist etwas anders als der bisher benutzte. Nun wollen wir versuchen, das Modell eines solchen Schiffskompasses herzustellen.

Aus dünnem Karton einen Kreis mit ca. 10 cm Durchmesser ausschneiden und darauf eine Windrose zeichnen. Außerdem am Rand, ausgehend von N (Nord) eine Skala mit 360 Grad auftragen. Dann an dieser Kompaßscheibe die Kompaßnadel aus Versuch 49 mit zwei Papierstreifen befestigen; der Nordpol der Nadel sollte über dem N der Kompaßscheibe zu stehen kommen. Diesen Kompaß dann mit einem dünnen ungezwirnten Faden an das Gestell von Versuch 20 hängen. Jetzt dreht sich wahrscheinlich nicht nur die Kompaßnadel, sondern auch die Kompaßscheibe. Nach einiger Zeit kommt die Kompaßnadel zur Ruhe und zeigt in Nord-Südrichtung. Nun ein Buch mit einem kleinen Papierstreifen, der eine senkrechte Linie hat und nach oben gebogen ist, unter den Kompaß legen. Das Buch übernimmt die Rolle des Schiffs. Wenn der Kapitän jetzt die Anweisung gibt: "Kurs 8 Grad West", dreht der Steuermann das Steuerrad und damit das ganze Schiff so, daß die senkrechte Linie mit dem achten Grad West des Kompasses übereinstimmt, während die Nadel weiterhin nach Norden zeigt. Damit auch dann nichts schiefeht, wenn das Schiff stark schwankt, ist der Schiffskompaß an einem Doppelgelenk aufgehängt, dem sogenannten kardanischen Gelenk.

Zubehör: (20), (49), Faden, Papier, Karton und ein Buch

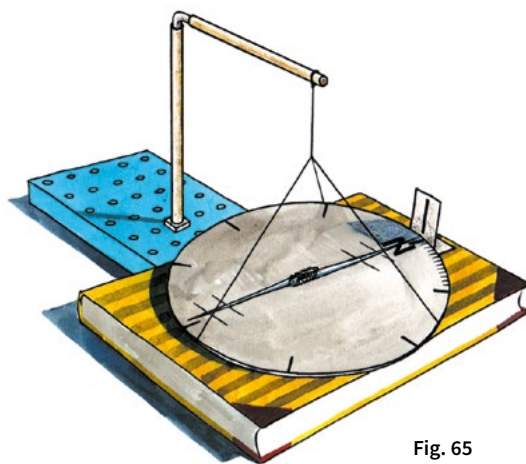


Fig. 65

66. DIE MAGNETISCHE DEVIATION.

Befolgt man die Anweisungen des Kapitäns aus dem vorstehenden Versuch, dann fährt das Schiff nicht mehr genau nach Norden, sondern mit einem Kurs von 8 Grad West. Jetzt nähern wir uns dem Kompaß mit einem großen Hammer oder einem anderen eisernen Gegenstand. Da sich Eisen und Magnet gegenseitig anziehen, zieht der Hammer die Kompaßnadel an und das Schiff weicht vom Kurs ab. Solche Störungen können auf jedem Schiff auftreten und heißen magnetische Deviationen oder Abweichungen. Sie werden hauptsächlich vom Schiff selbst verursacht, weil es eiserne Bauteile hat. Das gleiche gilt für die Antriebsmotoren. Auch die Fracht kann Störungen verursachen, wenn sie Eisen, Nickel oder Kobalt enthält. Um sich vor magnetischer Deviation zu schützen, besitzt der Schiffskompaß bewegliche Stabmagneten und bewegliche Eisenkugeln. Bei unserem Modell kann man die Deviation dadurch ausgleichen, daß man von der anderen Seite ein Stück Eisen oder einen kleinen Magneten in die Nähe der Nadel bringt, bis sie wieder in ihre ursprüngliche Stellung zurückkehrt und das Schiff wieder Kurs 8 Grad West hat.

Zubehör: (65), ein Hammer

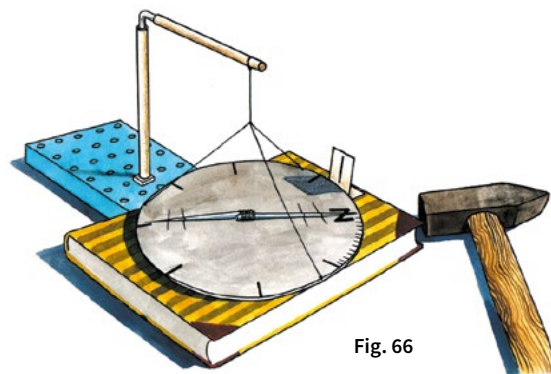


Fig. 66

67. SCHWIMMENDE KOMPAßNADELN.

Man kann einen sehr interessanten Versuch durchführen, um die Folgen des gegenseitigen Abstossens und der Anziehung magnetischer Pole zu verdeutlichen: sechs Nähadeln werden in der gleichen Richtung magnetisiert. Sechs gleich große Korkstückchen schneiden und durch jedes eine der magnetisierten Nadeln halb hindurchstecken. In einem großen, nicht magnetischen Behälter mit Wasser schwimmen lassen. Dabei müssen die Öhre der Nadeln alle nach unten ins Wasser und die Spitzen nach oben gerichtet sein. Jetzt ist jede Nadel ein schwimmender Magnet. Da die gleichnamigen Pole alle auf der gleichen Seite sind, stoßen sie einander ab, aber nur für kurze Zeit. Ihr Abstoßen wird durch Anziehungskräfte zwischen den Öhren und den Spitzen der Nadel ausgeglichen, da dies ja ungleiche Pole sind. Durch diese Anziehung und das Abstoßen bilden die Nadeln immer wieder neue Formationen.

Den Versuch kann man mit 5, 4 oder 3 Nadeln wiederholen.

Achtung: der Behälter sollte groß genug und nicht aus Eisen sein.

Zubehör: 10, Wasserbehälter, sechs Nähadeln, sechs kleine Korke

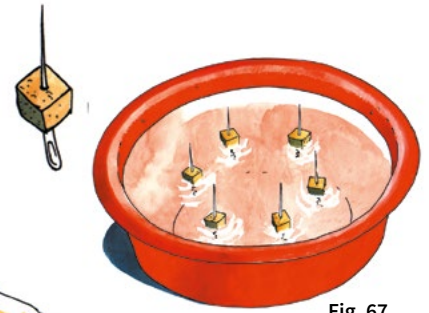


Fig. 67

68. DAS MAGNETISCHE DREHFELD.

Einen an einem Faden aufgehängten Magneten acht- bis zehnmal in die gleiche Richtung drehen und dann loslassen. Im Abstand von einigen Zentimetern den Kompaß direkt unter den Magneten stellen.

Die Kompaßnadel dreht sich, solange der Magnet sich dreht, denn jede Drehung des Magneten bedeutet auch eine Drehung des Magnetfeldes.

Zubehör: 10, 34, Papier, Faden



Fig. 68

BATTERIEN UND ELEMENTE

69. DIE BATTERIE.

Man kann diese Batterie in vielen Läden kaufen. Sie sieht aus wie eine kleine Schachtel. Zwei Metallknöpfe stehen oben heraus. Das sind die beiden Pole: Der kleinere ist der positive Pol (+) und der größere ist der negative Pol (-). Die Batteriepole sollten möglichst wenig berührt werden, damit die Batterie nicht gleich leer wird. Die beiden Pole nicht miteinander kurzschließen.

70. FUNKTIONSPRÜFUNG DER BATTERIE.

Der Baukasten enthält einige Geräte, mit denen man die Funktion der Batterie prüfen kann. Das sind die elektrische Glühlampe und das Galvanoskop. Leuchtet die Glühlampe oder bewegt sich das Galvanoskop bei Berührung mit der Batterie, ist sie fehlerfrei. Bei Dauerprüfung wird die Batterie schnell leer.

Zubehör: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, eine Batterie

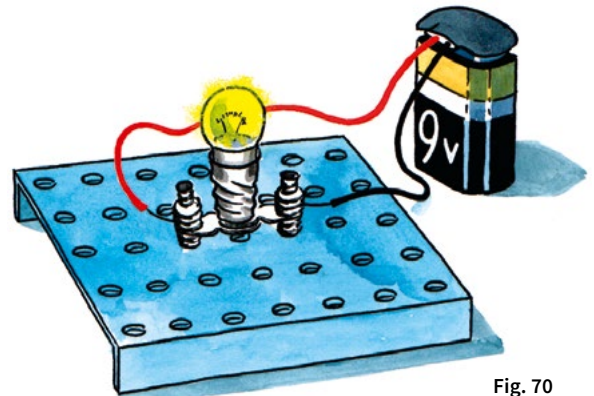


Fig. 70

71. DIE ELEKTRISCHE GLÜHBIRNE.

Folgender Versuch erklärt, wie eine Glühlampe funktioniert:

Zwei Nägel mit 1 cm Abstand in ein Holzbrett schlagen und dazwischen einen 0,1 mm dicken Eisendraht spannen. Verbindet man den Eisendraht mit den Klemmen einer neuen Batterie, wird er rot (Bild 71 links). Würde man den elektrischen Strom von zwei Batterien benutzen, würde der Draht verbrennen. Elektrische Glühlampen sind nach dem gleichen Prinzip gebaut. Der luftleere Glaskolben enthält einen sehr dünnen Wolframfaden, das ist ein Metall mit einem sehr hohen Schmelzpunkt. Wird Strom durch den Faden geleitet wird er weißglühend, er kann aber nicht brennen, weil der Glaskolben keinen Sauerstoff enthält, sondern mit dem Edelgas Argon gefüllt ist. Elektrische Glühlampen sind sehr zerbrechlich und dürfen nicht herunterfallen oder geschüttelt werden, insbesondere nicht, wenn sie brennen. Die Spannungsangabe am Sockel sollte immer genau beachtet werden. Die Glühlampe aus dem Baukasten kann an eine 9V Batterie angeschlossen werden. Bei höheren Spannungen brennt der Faden durch.

Achtung!

- Die Batterie ist kurzgeschlossen.
- Die Batterie nur kurze Zeit anschließen – nur solange, bis der Versuch verstanden wurde.
- Aufpassen, dass man sich nicht die Finger verbrennt.

Zubehör: Holzbrett, zwei Nägel, Eisendraht, Taschenlampenbatterie

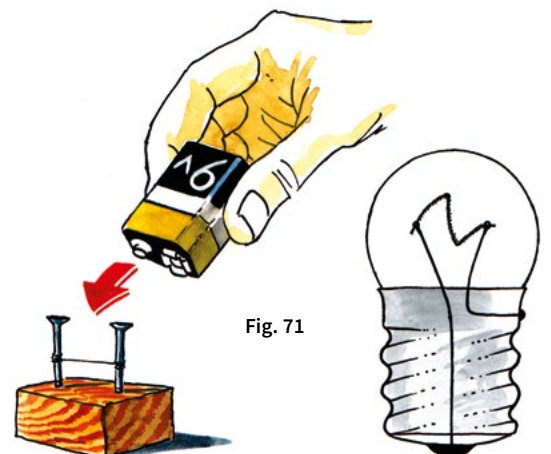


Fig. 71

72. DAS INNERE DER ALKALINE BATTERIE.

Eine 9V Batterie besteht aus sechs Zellen oder Elementen. Die einzelnen Zellen sind wie folgt verbunden: Die erste Zinkzelle ist frei (der negative Pol), die erste Kohlezelle ist mit dem Zink der zweiten verbunden, die Kohle der zweiten mit dem Zink der dritten und die Kohle der dritten und so weiter, die letzte Kohlezelle ist frei (der positive Pol).

Zwei Klemmen ragen aus der Batterie heraus: die kleinere ist der positive Pol, (die erste Zinkzelle) und die größere der negative Pol (die letzte Kohlezelle).

73. VERBRAUCHTE BATTERIEN.

Batterien funktionieren nur für einen bestimmten Zeitraum. Wenn sie leer oder zu schwach geworden sind, wirft man sie meistens weg. Was verbraucht sich an der Batterie? Die Zinkbehälter verrosten und die Salmiaklösung trocknet aus. Die Beutel mit dem Kohlestab und das Mangandioxydpulver bleiben völlig intakt. Altbatterien immer nur in die dafür vorgesehenen Abfallbehälter werfen.

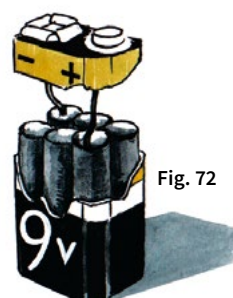


Fig. 72



Fig. 73

74. ELEKTRIZITÄT AUS FROSCHSCHENKELN.

Im Jahr 1791 wurde ein berühmter Versuch von Luigi Galvani, Anatomieprofessor an der Universität Bologna, veröffentlicht. Er befestigte einen Kupferhaken mit zwei Froschbeinen an Eisenstäben. Die Froschschenkel schaukelten im Wind und berührten dabei manchmal die Eisenstäbe. Immer, wenn sie diese berührten, zuckten sie stark zusammen, als wäre es ein lebendiger Frosch. Galvani meinte, daß das Zucken durch Elektrizität in den Tierkörpern verursacht würde. Viele andere Wissenschaftler teilten damals seine Meinung. Nur Alexander Volta nicht, er war Physikprofessor an der Universität Pavia. Er meinte auch, daß das Zucken elektrisch bedingt sei, aber er war nicht der Ansicht, daß es die "tierische Elektrizität" sei. Er behauptete, daß die Bewegung durch Elektrizität verursacht würde, die durch den direkten Kontakt von zwei verschiedenen Metallen, Eisen und Kupfer, auf der einen Seite entstünde, während die beiden Metalle auf der anderen Seite indirekt über den feuchten Körper verbunden waren, der aber nicht unbedingt ein Tierkörper sein mußte. Der Meinungsstreit zwischen Volta und den Anhängern von Galvani dauerte viele Jahre. Erst 1799 konnte Volta ein Gerät bauen, mit dem er seine Theorie beweisen konnte. Jetzt können wir es nachbauen, aber vorher müssen wir uns noch mit dem Gerät zur Feststellung von Elektrizität befassen, dem sogenannten Galvanoskop.

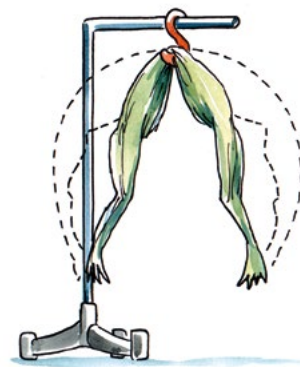


Fig. 74

75. DAS GALVANOSKOP.

Das Galvanoskop aus dem Baukasten besteht aus drei Teilen: dem Kompaß (K), einer Unterlage (P) und einer Spule (R). Außer der rot-blauen Kompaßnadel hat der Kompaß ja noch eine gelbe Nadel. Zum Messen schiebt man den Kompaß und die Unterlage in die Spule und dreht die Unterlage solange, bis die gelbe Nadel auf E (oder W) steht. In der Nähe des Galvanoskops darf kein Magnet oder Eisenteil liegen.

Zubehör: 1, 34

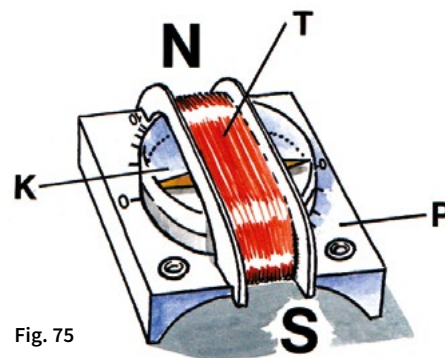


Fig. 75

76. VOLTAS ENTDECKUNG.

Die Zinkplatte (Zn) und die Kupferplatte (Cu) aus dem Baukasten mit feinem Sand abschmirlen, gut sauber wischen und mit zwei Anschlußdrähten mit dem Galvanoskop verbinden (siehe Bild 76). Der gelbe Zeiger des Galvanoskops sollte auf E (oder W) stehen. Nun ist alles bereit für die folgenden Versuche:

1. Zwischen die beiden Platten ein Stück Zeitungspapier schieben. Der Galvanoskopzeiger bewegt sich nicht.
 2. Das Zeitungspapier mit Leitungswasser befeuchten. Der Galvanoskopzeiger bewegt sich und zeigt so an, daß elektrischer Strom durch das Galvanoskop fließt.
 3. Nun die beiden Pole umkehren (d. h. der an die Zinkplatte angeschlossene Draht wird an die Kupferplatte angeschlossen und umgekehrt). Der Galvanoskopzeiger schlägt wieder aus, aber diesmal in die andere Richtung.
 4. Beide Platten kräftig aufeinanderpressen, dann schlägt der Zeiger stärker aus.
 5. Verkleinert man die Kontaktflächen der Platten, schlägt der Zeiger schwächer aus.
- Volta's Versuch war etwas anders als der eben gezeigte. Damals gab es noch kein Galvanoskop, das so schwache elektrische Ströme messen konnte. Volta wies den elektrischen Strom mit der sogenannten Voltaschen Säule nach. Er stapelte abwechselnd ein Zink- und ein Kupferblättchen übereinander und legte dazwischen jeweils ein Stück nassen Stoff. Insgesamt stapelte er in dieser Art ungefähr 60 Plättchen aufeinander, in der Säule waren die beiden unterschiedlichen Metalle nur durch die Flüssigkeit im dazwischen liegenden Stoff in Kontakt. Volta erkannte, daß durch diesen Kontakt ein elektrischer Strom entstand. Diese einfache Erfindung (eine Art Batterie) war das erste Gerät, mit dem ein Mensch elektrischen Strom produziert hatte und machte Volta zu einem unsterblichen Wissenschaftler. Ihm zu Ehren wurde die Einheit zur Messung der Stromspannung "Volt" genannt und das entsprechende Meßgerät heißt Voltmeter. Das Plattenpaar, das eingangs genannt wurde ist eine Voltzelle oder Voltaelement. Seit Volta's Entdeckung wurden viele verschiedene Zellen hergestellt. Sie sind alle nach Galvani benannt, daher heißen sie galvanische Zellen oder Elemente.

Zubehör: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, Papier, Wasser

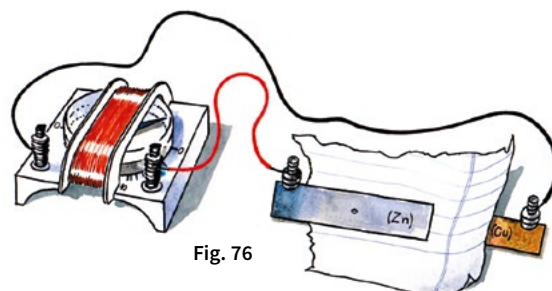


Fig. 76

77. EINE STROMZELLE AUS KUPFER, ZINK UND SALZWASSER.

Die Kupfer- und die Zinkplatte in ein Glas Salzwasser stellen und mit den beiden Verbindungsdrähten an das Galvanoskop anschließen. Der Galvanoskopzeiger wird stark ausschlagen und anzeigen, daß Strom fließt.

Zubehör: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, ein Glas Wasser, Salz

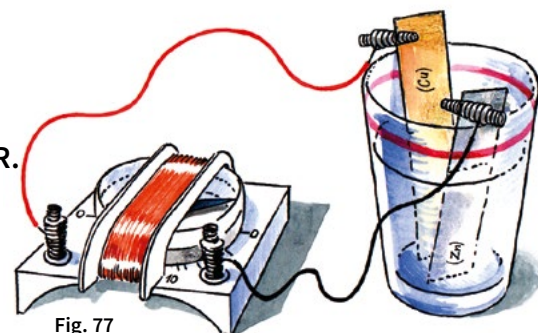


Fig. 77

78. POLARISATION UND DEPOLARISATION.

1. Ein Element aus Zink, Kupfer und Salzlösung an das Galvanoskop anschließen wie in Versuch 77 beschrieben. Jetzt den Galvanoskopzeiger genau beobachten. Zuerst schlägt er aus und zeigt, daß im Element Strom erzeugt wird, aber dann fällt er langsam wieder auf Null. Das bedeutet, daß der elektrische Strom wieder abfällt. Fügt man Salz hinzu, steigt der elektrische Strom wieder an, aber nur für kurze Zeit. Warum nimmt der elektrische Strom immer wieder ab?

Durch die Zersetzung des aufgelösten Salzes entstehen Wasserstoffbläschen, die sich auf der Kupferplatte absetzen und den Prozeß, der in der Zelle abläuft behindern. Diesen Vorgang nennt man Polarisation.

2. Entfernt man die Bläschen mit einem Stöckchen oder einem Stück Stoff, erzeugt das Element wieder elektrischen Strom.

3. Nun einen Teil der Salzlösung abgießen und die Zelle mit feinem, sauberem Sand füllen. Jetzt erzeugt sie länger elektrischen Strom, denn die Wasserstoffbläschen verbinden sich mit dem Sauerstoff in der Luft und im Wasser, weil zwischen den Sandkörnern Luft ist. Damit kann man die Polarisation verhindern, das heißt, Sand ist ein Depolarisator.

Zubehör: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, ein Glas Wasser, Salz, Sand

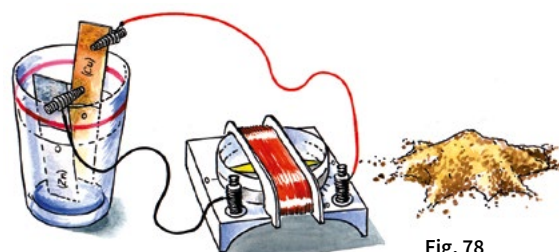


Fig. 78

79. DAS LECLANCHE ELEMENT.

Eine 9V Batterie besteht aus sechs Leclancheelementen, bei denen das Zink den negativen Pol, Kohle den positiven Pol und Manganoxyd den Depolarisator darstellt. Der Elektrolyt (die Flüssigkeit zwischen den Polen) ist eine Lösung aus Salmiak und Wasser im Verhältnis 1:3. Diese Lösung ist mit einem Bindemittel versetzt, damit sie nicht flüssig ist. Das ist die sogenannte Trockenbatterie.



Fig. 80

80. WIE IN DER ZELLE ELEKTRISCHER STROM ERZEUGT WIRD.

Unter dem Einfluß der elektrischen Kräfte zwischen Flüssigkeiten (dem Elektrolyten) und Metallen (den Polen), geben die Metalle positive Ionen ab. Dadurch entsteht bei den Metallen, in diesem Fall der Zinkplatte, ein Überschuß von Elektronen. Verbindet man nun Zink und Kohle (oder Kupfer wie im vorherigen Versuch) mit einem externen elektrischen Leiter, wandern die Elektronen vom Zink, wo sie überzählig sind, zum Kupfer, wo es weniger gibt.

Durch diese Bewegung der Elektronen entsteht elektrischer Strom. Aber, was sind Ionen? Wie schon erklärt, bestehen Stoffe aus Molekülen und Atomen, diese wiederum bestehen aus einem Kern, um den Elektronen kreisen. Jedes Atom hat eine bestimmte Anzahl von Elektronen. Manchmal verliert jedoch ein Atom oder eine Gruppe von Atomen einige Elektronen, die so zum Ion werden. Das gleiche geschieht, wenn ein Atom oder eine Gruppe von Atomen mehr Elektronen bekommt, als sie braucht. Im ersten Fall ist das Ion positiv, im zweiten negativ.

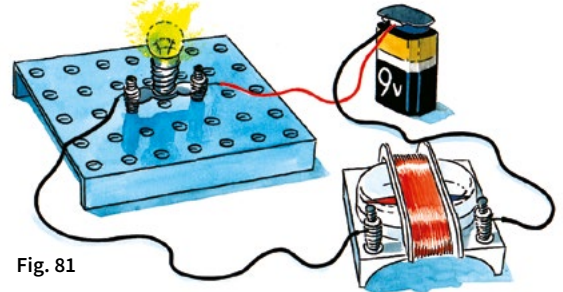


Fig. 81

81. DER STROMKREIS.

Bild 81 zeigt den Stromkreis der zwischen einer Batterie, einer Glühlampe und einem Galvanoskop besteht, sowie die zugehörigen Verbindungsdrähte. In diesem Fall fließt der Strom von der Batterie zur Glühlampe, dann von der Glühlampe zum Galvanoskop und von dort wiederum zur Batterie. Solange der Strom fließt, leuchtet die Glühlampe und der Zeiger des Galvanoskops wird abgelenkt. Wird der Stromkreis jedoch unterbrochen, fließt der Strom nicht mehr.

Zubehör: 1, 4 x 7, 8, 14, 33, 34, 35, eine Batterie

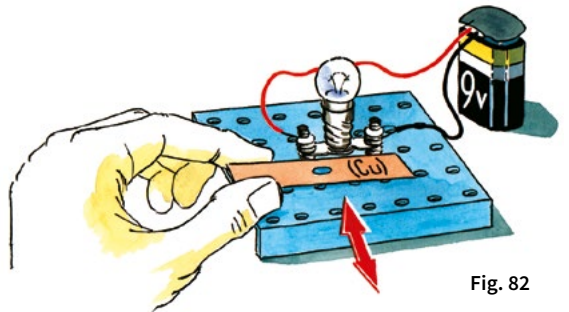


Fig. 82

82. DER KURZSCHLUß.

Stelle mit der Glühlampe und der Batterie einen geschlossenen Stromkreislauf wie in Bild 82 gezeigt, her. Die Glühlampe leuchtet auf. Sobald jedoch die beiden Batteriepole mit Kupferplatte oder einem anderen metallenen Gegenstand berührt werden, erlischt sie. Das nennt man einen Kurzschluß. Danach verbraucht sich die Batterie sehr schnell, weil ein sehr starker Strom ohne Widerstand (über die Kurzschlußbrücke) von ihrem negativen zum positiven Pol geflossen ist. Um eine Batterie recht lange benutzen zu können, sollte man jeden Kurzschluß vermeiden.

Zubehör: 2 x 7, 8, 14, 24, 33, 35, eine Batterie



Fig. 83

83. DIE SICHERUNG.

Die Spannung des Stroms, den wir im Haushalt vom Netz bekommen, beträgt 220V. Um Schäden durch Kurzschluß zu vermeiden, sind in die elektrischen Leitungen Sicherungen eingebaut. Sie befinden sich über dem Stromzähler und können entweder elektromagnetisch oder thermisch ausgelöst werden. Wir befassen uns kurz mit der thermischen Sicherung. Eine thermische Sicherung (Bild 83) besteht aus einem Keramikzylinder (1), der einen in Sand (2) eingebetteten dünnen Draht (3) enthält, der mit zwei Metallkappen und einer kleinen Feder verbunden ist. Der draht erhitzt sich bei einem Kurzschluß so stark, daß er schmilzt. Dann muß man zunächst die Ursache im Netz suchen. Die Sicherung kann durchgebrannt sein, weil das Netz überladen wurde (ein Stromstoß überlastete die maximale Leistungsfähigkeit) oder, durch einen Kurzschluß, bei dem Verbindungsdrähte in direkten Kontakt geraten sind. Hat man die Ursache beseitigt, setzt man sofort eine neue Sicherung ein. Es ist verboten und auch sehr gefährlich, eine durchgebrannte Sicherung, wie in Bild 83 rechts gezeigt, mit einem Draht reparieren zu wollen. Dadurch könnte ein Brand oder ein nachhaltiger Schaden an elektrischen Geräten entstehen.

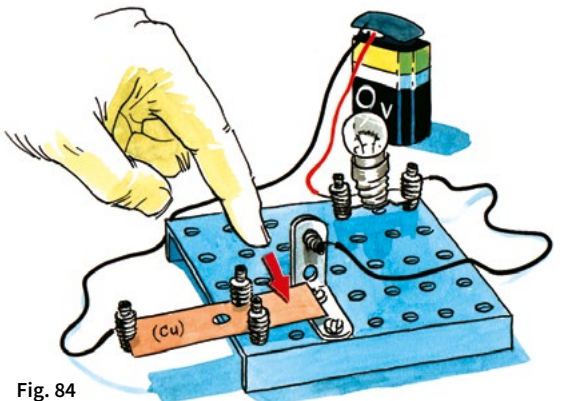


Fig. 84

84. EIN ELEKTRISCHER "SCHALTKNOPF".

Bild 84 zeigt einen elektrischen "Schaltknopf" und seine Verbindung mit einer Batterie und einer Glühlampe. Drückt man den Knopf, ist der Stromkreis geschlossen. Die Glühlampe leuchtet, solange der Knopf gedrückt ist. Solche Knöpfe kann man z.B. bei einer Nachttischlampe einsetzen oder auch bei einer Klingel.

Zubehör: 2 x 5, 2 x 6, 6 x 7, 8, 14, 24, 28, 33, 35, eine Batterie

85. TELEGRAPHIEREN MIT LICHT.

Der im Versuch 84 hergestellte Schaltknopf kann auch zum Telegraphieren benutzt werden. Die Nachricht wird mit dem Morsealphabet durch lange und kurze Lichtsignale übermittelt (Bild 85). Der Vorteil des Lichttelegraphierens ist, daß man dazu keine Leitungen benötigt. Der Nachteil ist, daß es nur innerhalb der Sichtweite und nur nachts funktioniert. Wenn die Nachricht geheim bleiben soll, dann kann man die Lichtreihen kodieren oder chiffrieren.

A	..	J	.-.-	S	... .	1	.-.-.-
B	....	K	.-.-	T	-	2	.-.-.-
C	..-.-	L	.-.-.	U	.-.-	3	.-.-.-
D	.-.-	M	.-.-	V	.-.-.-	4	.-.-.-
E	.-	N	.-	W	.-.-	5	.-.-.-
F	.-.-.-	O	.-.-	X	.-.-.-	6	.-.-.-
G	.-.-	P	.-.-.-	Y	.-.-.-	7	.-.-.-
H	.-.-.-	Q	.-.-.-	Z	.-.-.-	8	.-.-.-
I	.-.-	R	.-.-			9	.-.-.-
						0	.-.-.-

Fig. 85

86. EIN SCHALTER.

Der elektrische Schaltknopf aus Versuch 84 ist für Einrichtungen sinnvoll, bei denen der Stromkreis nur kurz geschlossen werden soll, z.B. beim Lichttelegraphieren oder einer elektrischen Klingel. Will man den Stromkreis für längere Zeit schließen, braucht man einen Schalter. Das Grundprinzip dafür zeigt Bild 86. Dreht man den Schalthebel nach links, ist der Stromkreis geschlossen und die Birne leuchtet, bis er nach rechts bewegt wird. Bei den elektrischen Installationen im Haus werden die Schalthebel, die in isolierten Gehäusen untergebracht sind, immer in die gleiche Richtung gedreht. Man darf die Metallteile des Schalters nie mit der Hand anfassen, da sie unter hoher Spannung stehen.

Zubehör: 3 x 5, 3 x 6, 4 x 7, 8, 14, 24, 2 x 28, 33, 35, eine Batterie

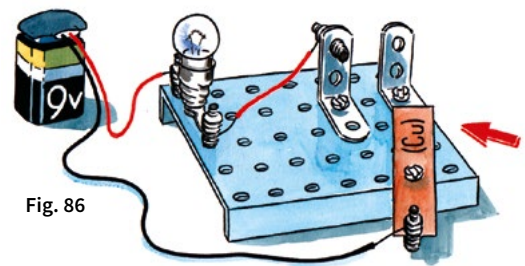


Fig. 86

87. EIN SCHALTER FÜR ZWEI GLÜHBIRNEN.

Man kann mit dem gleichen Schalter mehrere Glühlampen an- und ausschalten. Bild 87 zeigt zwei Birnen, die abwechselnd aus der gleichen Batterie gespeist werden. Man braucht einen ähnlichen Schalter für drei Birnen z.B. bei Verkehrsampeln, bei denen rot, gelb und grün abwechselnd aufleuchten.

Zubehör: 3 x 5, 3 x 6, 7 x 7, 8, 2 x 14, 24, 2 x 28, 33, 2 x 35, eine Batterie

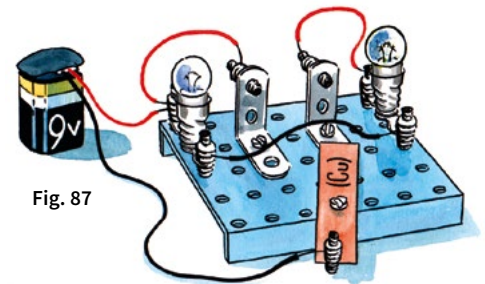


Fig. 87

88. ZWEI SCHALTER FÜR EINE GLÜHBIRNE.

Welche Art von Installation brauchen wir, wenn eine Birne im Treppenhaus hängt und vom Erdgeschoß und vom ersten Stock aus an- und ausgeschaltet werden soll?

Dazu braucht man zwei Schalter, eine Glühlampe, eine Stromquelle (in diesem Fall die Batterie) und entsprechende Verbindungsdrähte. Mit den Teilen aus dem Baukasten baut man zwei Schalter, an jeder Seite des Sockels einen. Bild 88 zeigt, wie sie miteinander und mit der Glühlampe und der Batterie verbunden sind. Mit jedem Schalter kann man an- und ausschalten. Außerdem kann man die Birne mit dem einen Schalter an- und mit dem anderen ausschalten. Diese Art der Installation nennt man eine korrespondierende Installation.

Zubehör: 6 x 5, 6 x 6, 8 x 7, 8, 14, 23, 24, 4 x 28, 33, 35, eine Batterie

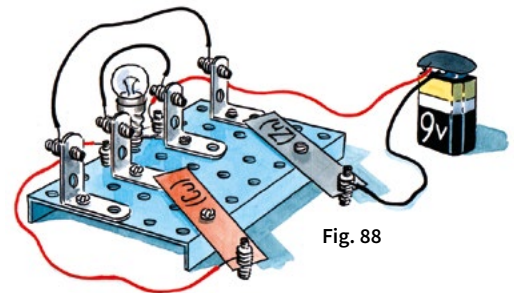


Fig. 88

89. PARALLELGESCHALTETE GLÜHBIRNEN.

1. Drei gleich starke Glühlampen an die Batterie anschließen. Sobald der Stromkreis geschlossen ist, leuchten sie gleich hell auf. Wieviel Strom wird verbraucht? Die Batteriespannung beträgt 9 V. Jede der Glühlampen verbraucht 0,05 A. Die elektrische Leistung ist $P = 9 \cdot (3 \cdot 0,05) = 1,35 \text{ W}$

2. Schraubt man eine der Glühlampen los, glühen die anderen weiter. Im Haus wird meistens eine Parallelschaltung für Glühlampen eingesetzt.

Zubehör: 6 x 7, 8, 3 x 14, 33, 3 x 35, eine Batterie

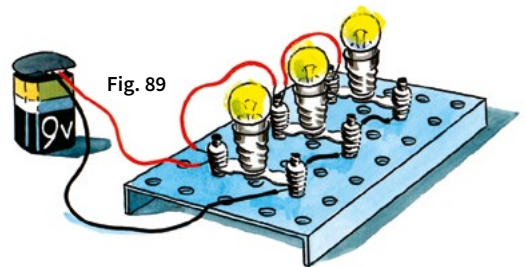


Fig. 89

90. IN REIHE GESCHALTETE GLÜHBIRNEN.

1. Drei Glühlampen in Reihe (d.h. nacheinander) an die Batterie anschließen. Eine Glühlampe allein leuchtet ganz hell, zwei in Reihe geschaltete Birnen, leuchten schon weniger hell und drei in Reihe geschaltete Glühlampen sind kaum erkennbar. Im ersten Fall beträgt die Batteriespannung 9 V und es fließt ein Strom von 0,05 A durch die Birne. Bei zwei in Reihe geschalteten Birnen, muß die Spannung doppelt und bei dreien dreimal so hoch sein, wie für eine einzige.

2. Schraubt man eine der in Reihe geschalteten Glühlampen los, gehen auch die anderen aus, weil der Stromkreis unterbrochen wurde.

Zubehör: (89)

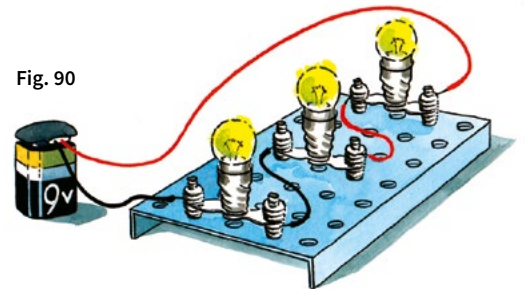


Fig. 90

91. ERHÖHUNG DER BATTERIESPANNUNG.

1. Im Versuch 72 wurde das Innere einer Batterie beschrieben. Sie besteht aus sechs Zellen, in denen Kohlestäbe die Funktion von positiven Elektroden, und Zinkbehälter und der Elektrolyt (Salmiaklösung) die von negativen Elektroden haben. Das Manganoxyd ist der Depolarisator. Diese Zellen sind in Reihe geschaltet. Die Spannung jedes einzelnen Elements beträgt 1,5 V, somit hat die gesamte Batterie eine Spannung von $6 \times 1,5 = 9 \text{ V}$

2. Schaltet man zwei Batterien parallel wie in Bild 91 rechts, hat die neue Batterie eine Spannung von $2 \cdot 9 \text{ V} = 18 \text{ V}$.

Zubehör: zwei Batterien

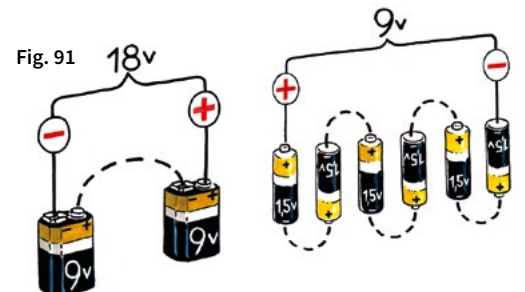


Fig. 91

92. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT DER BATTERIE.

Eine neue Batterie, die den nötigen Strom für 3 Glühlampen, die je 0,05 A verbrauchen, kaufen. Braucht man eine stärkere Stromquelle, kann man mehrere Batterien parallel schalten (wie in Bild 92 gezeigt). Obwohl die Spannung jeder einzelnen Batterie und aller Batterien zusammen 9 V beträgt, sich also nicht verändert, erhöht sich die Ampereleistung, d.h. die Stromstärke und somit die Leistungsfähigkeit der parallelgeschalteten Batterien.

Zubehör: 33, 3 Batterien

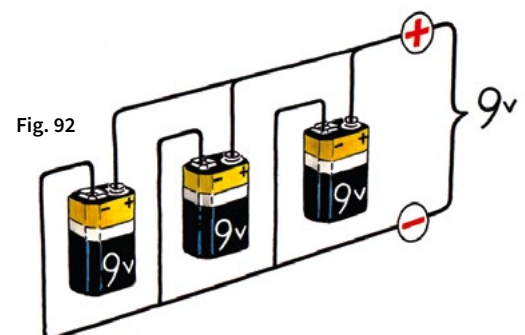


Fig. 92

93. DIE FORTPFLANZUNGSGESCHWINDIGKEIT ELEKTRISCHER SIGNALE.

Ein elektrisches Signal kann die Erde in einer Sekunde siebenmal umrunden. Das heißt, die Geschwindigkeit der Elektrizität beträgt 300.000 km pro Sekunde. Der in Bild 93 abgebildete Versuch ist in Wirklichkeit undurchführbar. Das Bild soll nur verdeutlichen wie schnell die Elektrizität ist.

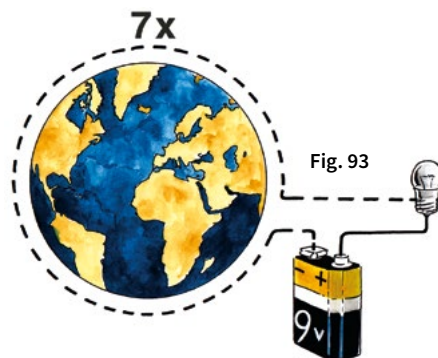


Fig. 93

94. PRÜFUNG DER LEITFÄHIGKEIT.

Aus den Teilen des Baukastens kann man eine Vorrichtung zur Prüfung der Leitfähigkeit verschiedener Stoffe herstellen (wie in Bild 94 gezeigt).

1. Grobprüfung: Der zu prüfende Gegenstand wird auf die Vorrichtung gelegt. Er sollte beide Platten berühren, weil sonst der Stromkreis nicht geschlossen ist. Wenn die Glühlampe aufleuchtet, ist der zu prüfende Gegenstand leitfähig. Man kann es mit einem Bleistift probieren, einem Stück Karton und dem Rheostat aus dem Baukasten. Bei keinem dieser Gegenstände leuchtet die Birne auf, das heißt also, daß sie Isolatoren sind. Ganz kann das jedoch nicht stimmen, denn im Versuch 18 haben wir gesehen, daß man ein geladenes Elektroskop mit einem Bleistift entladen kann. Wie läßt sich dieser Widerspruch erklären? Nun, hier ist die Spannung jetzt 9 V, aber beim Versuch 18 waren es viele hundert Volt. Ob Gegenstände leitfähig sind oder nicht, hängt nicht nur von seiner Zusammensetzung ab, sondern auch von der Spannung. Daher gibt es keine idealen Isolatoren oder ideale Leiter. Nur gute Isolatoren und gute Leiter. Gute Leiter sind z.B. Silber, Kupfer und Aluminium. Gute Isolatoren sind: Glas, Gummi, Porzellan, Polyäthylen und einige andere.

2. Nun ersetzt man die Glühlampe in der beschriebenen Versuchsanordnung durch das Galvanoskop. Bei der Prüfung der Leitfähigkeit des Rheostadtrahtes wird der Zeiger wieder ausschlagen, das bedeutet, daß der Konstantendraht des Rheostats zwar ein Leiter ist, aber kein so guter wie ein Kupferdraht.

3. Jetzt kann man noch die Leitfähigkeit einer Kartoffel prüfen. Ein größere Kartoffel halbieren und eine Hälfte auf die Metallplatte des Prüfgeräts legen. Wahrscheinlich geht die Lampe nicht an, aber der Galvanoskopzeiger schlägt aus und beweist, daß durch die Kartoffel Elektrizität fließt; je größer die Kontaktfläche und je größer der Druck, umso größer die Leitfähigkeit. Man sollte auf keinen Fall defekte elektrische Drähte des Netzes oder auch des Telefonnetzes berühren. Ganz besonders gefährlich ist eine Berührung von Hochspannungsleitern mit nassen Händen oder wenn man nasse Dinge in der Hand hält (z.B. beim Drachensteigen).

Zubehör: 2 x 5, 2 x 6, 4 x 7, 8,14, 23, 24, 33, 35, eine Batterie und verschiedene Gegenstände

95. WIDERSTAND EINES LEITERS.

1. Mit einer Glühlampe, einer Spule und einer Batterie einen geschlossenen Stromkreis herstelle (wie in Bild 95 gezeigt). Die Glühlampe leuchtet ganz schwach. Es liegt auf der Hand, daß durch den langen dünnen Draht der Spule weniger Strom fließt als durch den dickeren und kürzeren Verbindungsdraht. Wird die Spule aus dem Stromkreis genommen, leuchtet die Glühlampe wieder ganz stark. Der Leiter setzt dem Strom Widerstand entgegen. Den gleichen Versuch kann man nun mit der Spule des Galvanoskops und des Rotors durchführen.

2. Eine Glühlampe, eine Spule und eine Batterie zu einem geschlossenen Stromkreis zusammenschließen.

Die Glühlampe leuchtet sehr schwach, aber jetzt gibt es noch ein anderes Phänomen zu beobachten. Das Licht erlischt, sobald der Stromkreis unterbrochen wird. Leuchtet die Glühlampe sofort wieder auf, wenn der Stromkreis geschlossen wird? Der Versuch zeigt, daß sie nicht sofort wieder aufleuchtet, es vergeht etwas Zeit zwischen dem Schließen des Stromkreises und dem Aufleuchten der Birne. Diese Verzögerung wird durch eine besondere Eigenschaft der Spule hervorgerufen, die nicht nur wegen der Länge ihres Drahtes dem Strom Widerstand entgegengesetzt, sondern auch weil er gewunden ist.

Beim Schließen des Stromkreises wird durch die Wicklungen der Spule ein sogenannter induzierter Strom erzeugt, der dem Stromfluß von der Batterie entgegenwirkt. Die Spule zeigt induktiven Widerstand, der Leiter selbst hat galvanischen Widerstand.

Zubehör: 4 x 7, 8, 11, 14, 33, 35, eine Batterie

96. DER REGELWIDERSTAND ODER RHEOSTAT.

Der Baukasten enthält ein Gerät, das Widerstand oder Rheostat heißt. Es ist ein Kern aus Isoliermaterial, um das ein dicker Konstantendraht mit einem großen spezifischen elektrischen Widerstand gewickelt ist. Rheostat, Glühlampe und die Batterie zu einem geschlossenen Stromkreis zusammenschließen (wie in Bild 96 gezeigt). Bewegt man, den Schiebegriff auf dem Rheostat, leuchtet die Birne stärker oder schwächer, je nachdem, ob der Widerstand größer (länger) oder kleiner (kürzer) wird.

Zubehör: 2 x 5, 2 x 6, 3 x 7, 8, 14, 30, 33, 35, eine Batterie

97. DER ELEKTRISCHE HEIZWIDERSTAND.

Rheostat mit den Batteriepolen verbinden und so einen geschlossenen Stromkreis herstellen (siehe Bild 97).

Der Widerstandsdraht, durch den der elektrische Strom fließt, erhitzt sich. Wir haben Wärme erzeugt. Viele Haushaltsgeräte arbeiten nach dem gleichen Prinzip, z.B.: Elektroherd, Bügeleisen, Boiler, Heizgeräte usw. In all diesen Fällen, wird elektrische Energie in Wärme umgewandelt.

Zubehör: 2 x 5, 2 x 6, 2 x 7, 8, 28, 30, 33, eine Batterie

98. ELEKTRISCHE ZÜNDUNG.

Zwei Nägel mit 1 cm Abstand in ein kleines Holzbrett schlagen und mit einem 0,1 mm dicken Eisendraht verbinden. Auf den Draht abgeriebene oder zerriebene Streichholzköpfe streuen und den Draht an die Batterie anschließen. Die Teilchen der Streichholzköpfe fangen Feuer, denn der Strom hat den Draht so stark erhitzt, daß der Phosphor sich entzündete. Mit dieser Methode werden in Bergwerken und Steinbrüchen Sprengladungen gezündet. Achtung: Das Experiment auf einer nicht entzündlichen Unterfläche durchführen.

Zubehör: 2 x 7, 33, ein Holzbrettchen, 2 Nägel, Eisendraht, eine Batterie

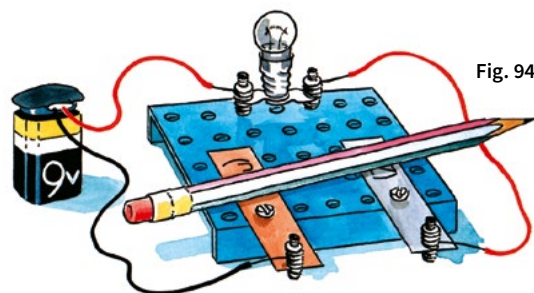


Fig. 94

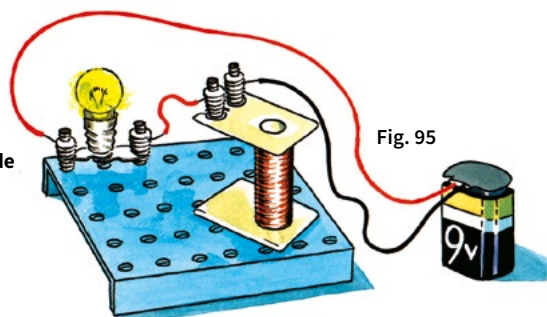


Fig. 95

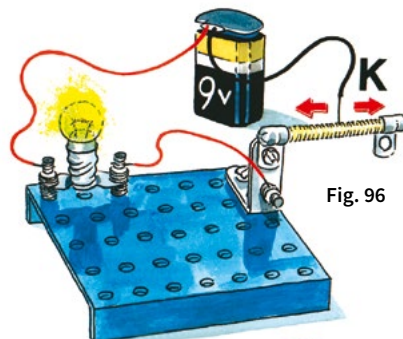


Fig. 96

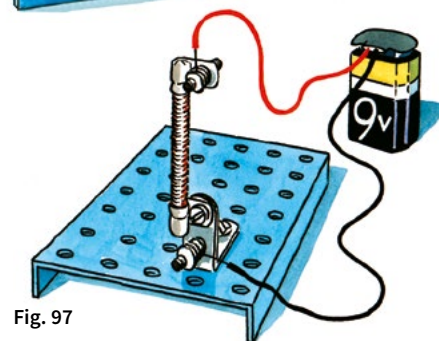


Fig. 97

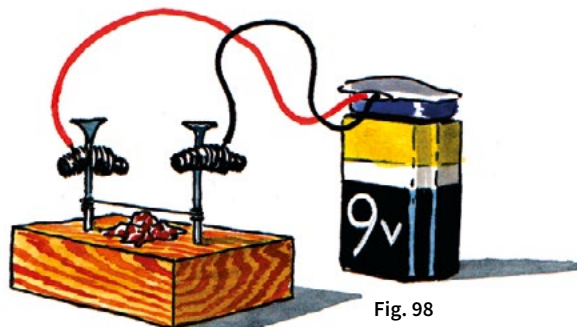


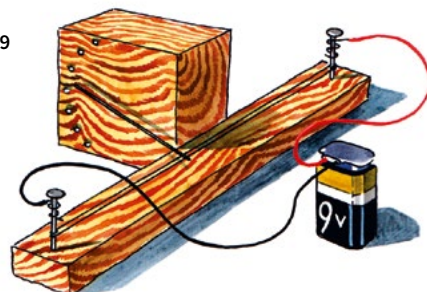
Fig. 98

99. AMPEREMETER (STROMMESSER) MIT HITZDRAHT.

Zwei starke Nägel in ein 20-25 cm langes und 3 cm breites Holzbrett schlagen. Dazwischen doppelt 0,2 mm dicken Konstantdraht spannen, daran - wie in Bild 99 gezeigt - einen Zeiger befestigen, der ein kleines Stäbchen aus Holz oder Papier ist. Wenn beide Drahtenden mit der Batterie verbunden werden, schlägt der Zeiger aus, weil der Strom den Draht erhitzt und er dadurch länger wird.

Zubehör: 33, 37, Holzbrettchen, 2 Nägel, ein Stäbchen, eine Batterie

Fig. 99

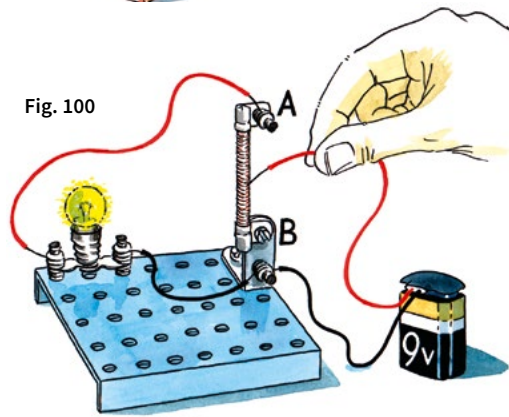


100. POTENTIOMETER.

Glühbirne, Resistor und die Batterie zu einem geschlossenen Stromkreis verbinden, wie in Bild 100 gezeigt. Hier übernimmt der Rheostat jetzt die Rolle des Potentiometers. Versuch: Das freie Ende des Anschlußdrahtes der Batterie berührt Punkt A des Potentiometers. Die Glühbirne leuchtet ganz hell. Dann den Kontaktpunkt langsam von Punkt A nach Punkt B verschieben. Die Leuchtkraft der Birne wird immer schwächer und sie erlischt schließlich ganz, wenn Punkt B erreicht ist. Die Spannung sinkt, weil der Strom durch den Rheostat fließen muß. Beim Punkt A ist die Glühbirne direkt mit der Batterie verbunden und erhält die volle Spannung von 9 V. Bewegt sich der Kontakt auf Punkt B zu, fällt die Spannung, weil der Widerstand zunimmt. Irgendwo auf halbem Wege zwischen A und B, beträgt die Spannung 4,5 V und bei Punkt B hört sie auf und die Lampe geht aus.

Zubehör: 5, 6, 4 x 7, 8, 14, 28, 30, 33, 35, eine Batterie

Fig. 100



101. DAS OHMSCHE GESETZ.

Drei 1,5 V Batterien in Reihe schalten, wie in Versuch 91 beschrieben. Diese Stromquelle dann mit der Glühbirne verbinden (Bild 101). Wird nur eine Zelle benutzt (1,5 V) leuchtet die Lampe nicht. Benutzt man zwei Zellen, steigt die Spannung auf 3 V (2 x 1,5 V) und die Lampe leuchtet schwach. Bei 3 Zellen, leuchtet sie schließlich stark, weil die Spannung höher ist (1,5 V x 3 = 4,5 V). Man kann dieses Experiment auf bis zu acht Batterien steigern (8 x 1,5 V = 12 V). Daraus sieht man, daß die Stromstärke (gemessen in Ampere) bei steigender Spannung zunimmt. In Versuch 96 wurde gezeigt, daß der elektrische Strom umso stärker ist, je geringer der Widerstand und umgekehrt. Somit stehen Strom, Spannung und Widerstand in einer Beziehung miteinander, die im sogenannten Ohmschen Gesetz ausgedrückt ist. Das Gesetz lautet: Je größer die Spannung und je kleiner der Widerstand, umso stärker der Strom. Für Strom, Spannung und Widerstand hat man internationale Symbole eingeführt,

I steht für den Strom (gemessen in Ampere -A)

U steht für die Spannung (gemessen in Volt -V)

R steht für den Widerstand (gemessen in Ohm -Ω),

das ergibt die mathematische Formel: $I = U/R$

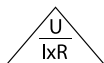
Das Ohmsche Gesetz kann man sich ganz leicht merken, wenn man sich das nachstehende Dreiecksdiagramm merkt.

Wenn man eine der drei Größen bestimmen will, deckt man sie mit dem Finger ab und die übrigen geben dann an, was man rechnen muß, um das Gesuchte zu erhalten:

$$I = U/R$$

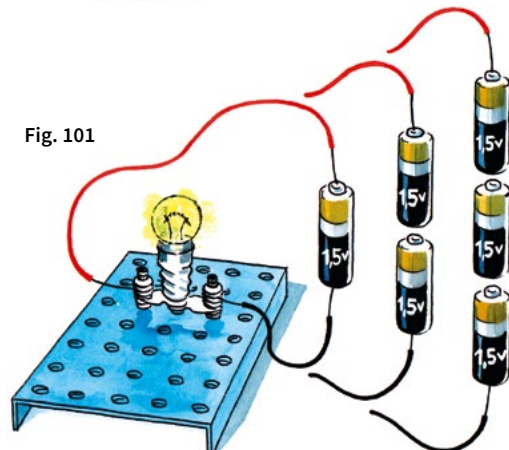
$$U = I \times R$$

$$R = U/I$$



Pribor: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, 3 Bateriaje

Fig. 101

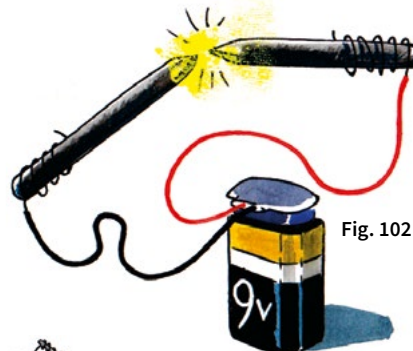


102. DER ELEKTRISCHE LICHTBOGEN.

Zwei Kohlestifte aus einer alten Batterie anspitzen und an die Taschenlampenbatterie anschließen (Bild 102). Dann die beiden Kohlestabspitzen miteinander in Berührung bringen und langsam wieder trennen. Dabei ist ein kleiner aber sehr heller elektrischer Lichtbogen zwischen den beiden Spitzen zu erkennen. Jetzt den Versuch mit zwei oder mehr Batterien unter Wasser nochmals durchführen. Dieser elektrische Lichtbogen wurde in den ersten Filmprojektoren als Lichtquelle benutzt, früher verwendete man ihn auch in zur Straßenbeleuchtung.

Zubehör: 33, zwei Kohlestäbe, eine Batterie

Fig. 102

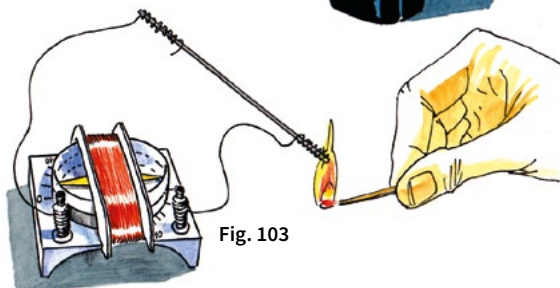


103. DAS THERMOELEMENT.

An beiden Enden eines 12-13 cm langen Eisendrahtes ein Stück 0,2 mm dicken Konstantdraht befestigen und dieses mit dem Galvanoskop verbinden (Bild 103). Sobald der Zeiger in Ruhelage ist (der gelbe Zeiger zeigt auf Null), ein Streichholz entzünden und eine der beiden Verbindungsstellen damit erhitzen. Der Galvanoskopzeiger schlägt aus. Diese Kombination von zwei ungleichen Metallen, heißt Thermoelement und wird überall in der Technik eingesetzt, vor allem wenn man hohe Temperaturen in Hüttenwerken oder in der Keramikindustrie messen will.

Zubehör: 1, 2 x 7, 9, 34, 37, Streichhölzer

Fig. 103

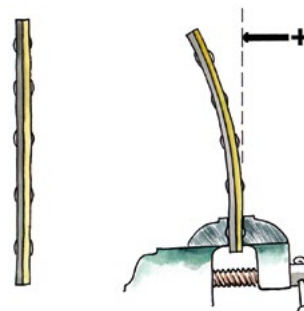


104. DER BIMETALLSTREIFEN.

Ein 10x1 cm großes Stück Eisenblech auf ein gleich großes Zink- oder Aluminiumblech legen und fest zusammennieten. Dann hält man diesen Bimetallstreifen (bi = zwei) an einem Ende mit einer Zange fest und erhitzt ihn. Durch die Wärmeeinwirkung biegt sich der Streifen, weil der Wärmeausdehnungskoeffizient von Zink größer ist als der von Eisen. Man verwendet Bimetallstreifen in Thermostaten. Ein Thermostat ist ein elektrisches Gerät, das den Stromkreis bei einer bestimmten Temperatur öffnen soll, es muß ihn aber auch wieder schließen, sobald die Temperatur gesunken (oder angestiegen) ist (Bild 104 rechts). So kann man die Temperatur des Kühlschranks, Elektroherdes, Boilers etc. konstant oder innerhalb bestimmter Grenzen halten.

Zubehör: Eisenblech, Zinkblech, Nieten

Fig. 104



105. MESSUNG DES WIDERSTANDES.

Der Widerstand wird mit der sogenannten Wheatstonischen Brücke gemessen (siehe Bild 105). Und so wird sie gebaut:

1. Im Abstand von 50 cm zwei Nägel in ein 60 cm langes und 8 cm breites Holzbrett schlagen. Die Nägel mit 0,2 mm Konstantdraht verbinden und dessen Enden mit dem Galvanoskop (gelber Zeiger zeigt auf Null)
2. Des weiteren gehören zur Wheatstonischen Brücke: Der Rheostat (Nr. 33 im Baukasten), der wie wir wissen einen Widerstand von 70 Ohm hat, eine Spule, deren Widerstand gemessen werden soll und eine Batterie. Diese Teile werden miteinander verbunden (Bild 105).
3. Den Rheostatdraht mit einem Kontakt von der Batterie berühren, der Galvanoskopzeiger schlägt aus. Aber er schlägt auch aus, wenn der Rheostatdraht irgendwo anders berührt wird. Lediglich eine Stelle bildet eine Ausnahme. Diese Stelle ist festzustellen und mit C zu markieren. Man könnte den Widerstandsdraht in zwei ungleich lange Teile zerlegen, die d1 und d2 heißen. Diese beiden Längen kann man messen, sie könnten z.B. d1 = 30 cm und d2 = 20 cm lauten. Der Widerstand der Spule läßt sich nun mit der folgenden Formel errechnen:

$$X = R \times d1/d2 \quad X = 70 \times 30/20 \quad X = 105 \text{ ohma}$$

In diesem Fall beträgt der Widerstand der Spule 105 Ohm.

Eine ausführliche Erklärung dieser Formel, kann man in jedem Physikbuch nachlesen.

Zubehör: 1, 6 x 7, 11, 30, 33, 34, 37, eine Batterie, ein Holzbrett, zwei Nägel

106. DIE TEMPERATURABHÄNGIGKEIT DES WIDERSTANDES EINES LEITUNGSDRAHTS.

1. Zwei kleine Nägel in ein Holzbrettchen schlagen und mit einem 0,1 mm dicken Eisendraht verbinden. Diesen Draht vorher wie eine Spirale wickeln. Die Spirale, die Glühbirne und die Batterie zu einem geschlossenen Stromkreis zusammenschließen (Bild 106). Sobald der Stromkreis geschlossen ist, leuchtet die Birne auf. Wenn die Spirale sich erwärmt, geht das Licht jedoch aus, was zeigt, daß der Widerstand des Eisendrahtes durch die hohe Temperatur gestiegen ist.
2. Den gleichen Versuch mit einer Spirale aus Konstantdraht gleicher Größe wiederholen. Trotz des Temperaturanstiegs verändert sich der Widerstand des Drahtes nicht.

Zubehör: 4 x 7, 14, 33, 35, ein Holzbrettchen, zwei Nägel, Eisendraht, eine Kerze, eine Batterie

ELEKTROMAGNETISMUS

107. DER ELEKTROMAGNET.

Den Eisenstab aus dem Baukasten ungefähr 20 bis 30 mal mit isoliertem Kupferdraht umwickeln. Um eine bessere elektrische Verbindung zu erhalten, die Isolation an den Enden des Kupferdrahts abkratzen. Die freien Enden des Drahtes an die Batterie anschließen und den Eisenstab in ein Häufchen Eisenspäne tauchen. Sobald der Stromkreis geschlossen ist, wird der Eisenstab magnetisch. Wenn der Stromkreis geöffnet wird, verliert der Stab die Magnetkraft. So wurde der Elektromagnet erfunden. Achtung!

- Die Batterie ist kurzgeschlossen.
- Die Batterie nur kurze Zeit anschließen – nur solange, bis der Versuch verstanden wurde.
- Aufpassen, dass man sich nicht die Finger verbrennt.

Zubehör: 3, 2 x 7, 9, 33, 36, eine Batterie

108. OERSTEDTS ENTDECKUNG.

Wie so oft bei wichtigen Entdeckungen, wurde auch der Elektromagnet rein zufällig entdeckt. Der dänische Physiker Hans Christian Oersted bemerkte, daß eine Kompaßnadel ausschlug, als ein Draht unter Strom sich in der Nähe befand. Wir wiederholen den Versuch wie folgt: Ein Stück Draht, dessen Enden mit der Batterie verbunden sind, über die Kompaßnadel halten. Sie schlägt aus und bleibt abgelenkt, solange der Stromkreis geschlossen ist. Sobald er geöffnet wird, geht die Kompaßnadel in ihre ursprüngliche Stellung zurück. Polt man die Drahtanschlüsse um, schlägt sie in die entgegengesetzte Richtung aus.

Achtung!

- Die Batterie ist kurzgeschlossen.
- Die Batterie nur kurze Zeit anschließen – nur solange, bis der Versuch verstanden wurde.
- Aufpassen, dass man sich nicht die Finger verbrennt.

Zubehör: 33, 34, eine Batterie

109. DIE ADDITION MAGNETISCHER FELDER.

Isolierten Kupferdraht mehrfach um den Kompaß wickeln und nach jeder Wicklung einmal an die Batterie anschließen. Je mehr Wicklungen vorhanden sind, umso stärker schlägt die Kompaßnadel aus. Man sieht, daß sich um jede Wicklung ein magnetisches Feld bildet und sich diese Felder zum Magnetfeld der Spule addieren.

Auf diesem Prinzip basieren das Galvanoskop und alle anderen Elektromagneten.

Achtung!

- Die Batterie ist kurzgeschlossen.
- Die Batterie nur kurze Zeit anschließen – nur solange, bis der Versuch verstanden wurde.
- Aufpassen, dass man sich nicht die Finger verbrennt.

Zubehör: 2 x 7, 33, 34, 36, eine Batterie

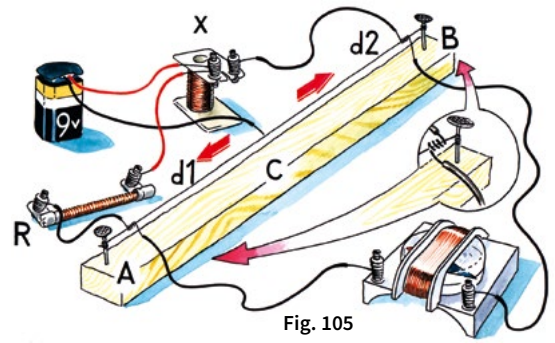


Fig. 105

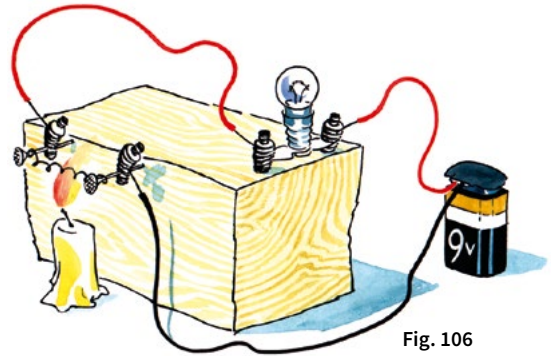


Fig. 106



Fig. 107

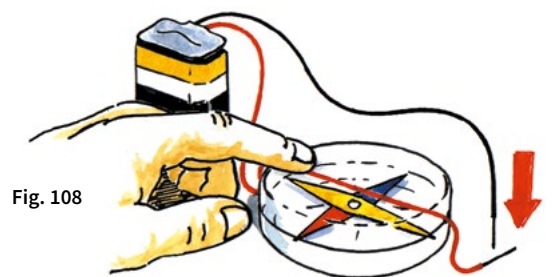


Fig. 108

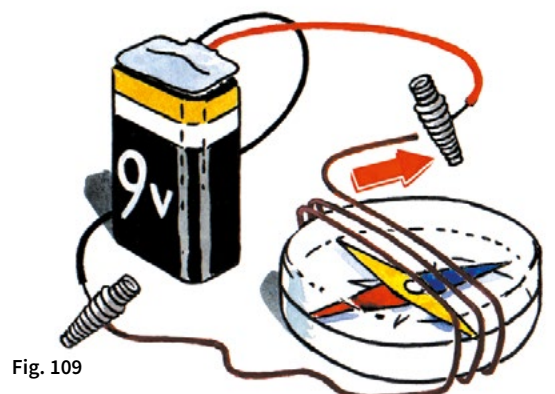


Fig. 109

110. DAS MAGNETFELD UM EINEN STROMFÜHRENDEN LEITER.

1. Ein Stück Kupferdraht mitten durch einen etwas größeren Karton stechen (Bild 110). Beide Drahtenden an die Batterie anschließen, dann mit dem Kompaß das Magnetfeld des Leiters prüfen. Hierbei ist festzustellen, wie groß die Ausdehnung des magnetischen Feldes ist und wie stark es ist. Bei diesem Versuch wird der Stromkreis ständig geöffnet und geschlossen, wobei man die verschiedenen Stellungen der Kompaßnadel sorgfältig beobachten muß.

2. Man kann das Magnetfeld auch dadurch nachweisen, daß man Eisenspäne um den Draht streut. Wenn man den Karton leicht antippt, formieren sich die Späne in konzentrischen Kreisen. Für diesen Versuch braucht man jedoch mehr als eine Batterie. Achtung!

- Die Batterie ist kurzgeschlossen.
- Die Batterie nur kurze Zeit anschließen – nur solange, bis der Versuch verstanden wurde.
- Aufpassen, dass man sich nicht die Finger verbrennt.

Zubehör: 3, 34, 36, Karton, eine Batterie

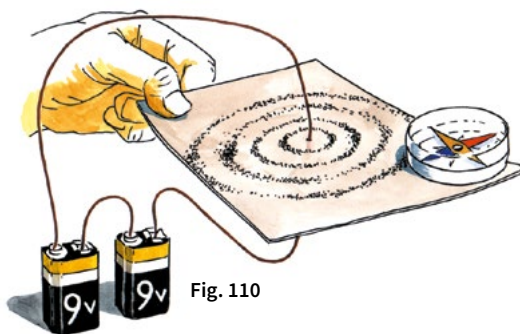


Fig. 110

111. DIE SPULE ALS MAGNET.

Im Baukasten ist eine Spule mit 1000 Wicklungen aus isoliertem Kupferdraht enthalten. Diese Spule ca. 2 cm vom Kompaß plazieren und den Strom von der Batterie durch ihre Wicklung fließen lassen, wie in Bild 111. Sobald der Stromkreis geschlossen ist, schlägt die Kompaßnadel aus und bleibt in dieser Stellung, solange der Strom durch die Spule fließt. Wird der Stromkreis geöffnet, geht die Kompaßnadel in die Ausgangsstellung zurück.

Zubehör: 2 x 7, 11, 33, 34, Batterie

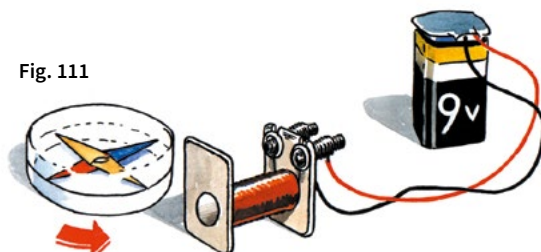


Fig. 111

112. DIE SPULE MIT EISENKERN.

Den vorstehenden Versuch wiederholen und die Ablenkung der Kompaßnadel im Kopf behalten. Dann den Stromkreis öffnen und einen Eisenstab (keinen Magneten) aus dem Baukasten in die Spule einführen. Nachdem der Stromkreis geschlossen ist, wird die Kompaßnadel viel stärker ausschlagen als vorher, denn durch den Eisenkern ist die Magnetkraft der Spule stark gestiegen.

Zubehör: 2 x 7, 11, 16, 33, 34, Batterie

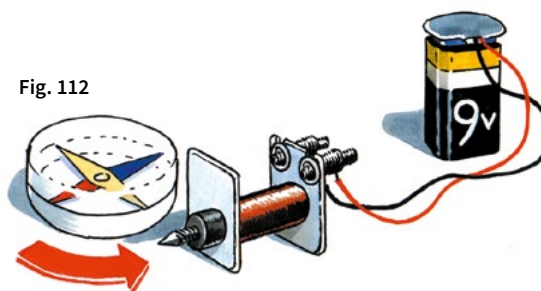


Fig. 112

113. DER ELEKTROSTABMAGNET.

Den Eisenkern auf dem Kunststoffsockel befestigen, die Spule daraufsetzen und mit der Batterie verbinden. Dadurch entsteht ein stabförmiger Elektromagnet (Bild 113). Dieser Versuch beweist, daß ein Elektromagnet entsteht, sobald der Stromkreis geschlossen wird, wird er geöffnet, geht die Magnetkraft verloren und nur ein ganz kleiner Rest bleibt zurück.

Zubehör: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 33, 34, Batterie

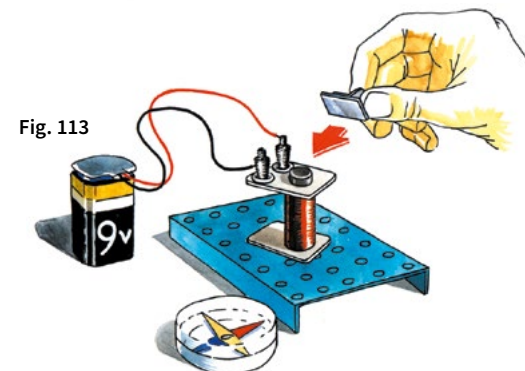


Fig. 113

114. DER ELEKTRO-U-MAGNET.

Den auch zuvor schon benutzten Eisenkern auf dem Kunststoffsockel befestigen (Bild 114). Er soll die an die Batterie angeschlossene Spule tragen. Durch das Schließen des Stromkreises ergibt sich ein sehr starker Elektromagnet, der noch stärker ist, als der im vorherigen Versuch, obwohl die gleiche Batterie und die gleiche Spule verwendet wurden. Beim vorherigen Versuch konnten Magnet und Unterlage mit einem Anker nicht gehoben werden, jetzt können sogar noch schwerere Lasten gehoben werden. Warum ist der Elektromagnet jetzt stärker?

Zubehör: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, 34, Batterie

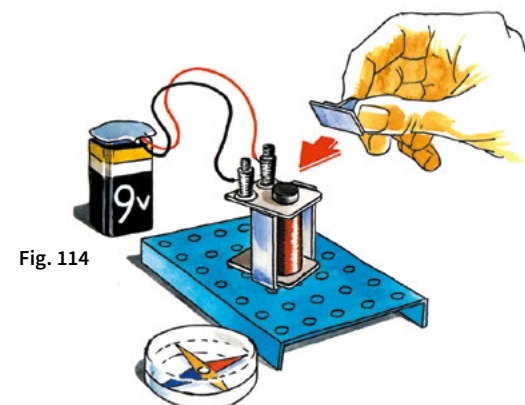


Fig. 114

115. DER ELEKTRISCHE HUBMAGNET.

Mit den Teilen aus dem Baukasten kann man einen kleinen elektrischen Hubmagneten bauen. Den Elektro-U-Magneten aus dem vorherigen Versuch mit der Batterie verbinden (Bild 115). Dann den Magneten in eine Schachtel mit Schrauben tauchen. Man kann diese mit dem Magneten an einen anderen Platz befördern. Sobald der Stromkreis geöffnet wird, fällt die Last herunter.

Zubehör: 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 33, Eisenteile, Batterie

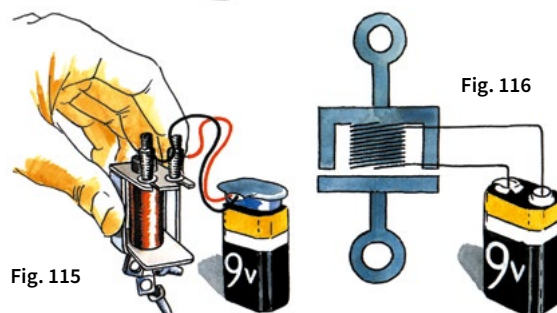


Fig. 115

Fig. 116

116. DER SCHÜSSELFÖRMIGE ELEKTROMAGNET.

Der Versuch kann nur in einer Mechanikerwerkstatt ausgeführt werden. In ein 30 mm dickes Rundeisen von 60 mm Durchmesser, wird von der einen Seite aus zentrisch eine 9 mm breite und 30 mm tiefe Ringung eingedreht. In diese Nut werden 1000 Windungen von 0,3 mm starker isolierter Kupferdraht gewickelt. Die Enden des Drahtes durch isolierte Bohrungen im Magnetmantel zur Batterie führen. Auch ein entsprechender Anker wird aus 10 mm starkem Rundeisen hergestellt. Obwohl dieser Elektromagnet nur an eine Batterie angeschlossen ist, kann er bis zu 15 dgr schwere Lasten tragen. Ähnliche Magneten werden in elektrischen Hebevorrichtungen eingesetzt, die bis zu 10 oder 20 Tonnen oder noch mehr heben können.

117. BESTIMMUNG DES STÄRKEREN MAGNETEN.

Der Baukasten enthält zwei Magnete: Einen permanenten Magneten aus Al-Ni-Co-Legierung und den Elektromagneten aus den vorherigen Versuchen. Welcher ist stärker? Das ist durch Wiederholung des Versuches 48-b festzustellen, mit dem die Stärke eines permanenten Magneten geprüft wurde. Bild 117 links zeigt das Prüfgerät. In die Kartonschale so viele Gegenstände legen wie der Magnet tragen kann. Läßt man die gleichen Gegenstände vom Elektromagneten tragen (Bild 117 rechts), stellt man fest, daß dieser erheblich stärker ist als der permanente Magnet.

Zubehör: 6, 2 x 7, 10, 11, 16, 17, 18, 33, Karton, Faden, Batterie

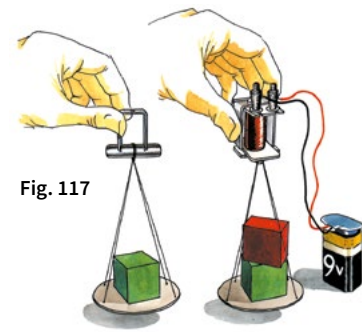


Fig. 117

118. DAS ELEKTROMAGNETISCHE SPEKTRUM.

1. In die Mitte eines postkartengroßen Kartons ein Rechteck von 30 x 22 mm schneiden. Durch dieses Loch die Spule aus dem Baukasten halb hindurchstecken. Die Spule an die Batterie anschließen und einige Eisenspäne auf den Karton streuen. Das entstehende elektromagnetische Spektrum mit dem des permanenten Magneten aus Versuch 40 vergleichen.

2. Den gleichen Versuch wiederholen und dabei den Eisenkern in die Spule stecken.

Zubehör: 3, 2 x 7, 11, 16, 33, Karton, Batterie

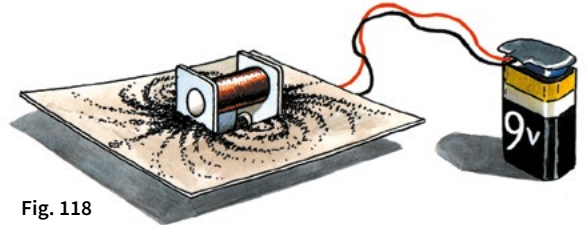


Fig. 118

119. DIE SPULE MIT DEM NAGEL.

Die Spule aus dem Baukasten an die Batterie anschließen (Bild 119) und einen mittelgroßen Nagel in die Spulenbohrung stecken. Wenn der Magnet angehoben wird, fällt der Nagel nicht heraus. Hier wirken zwei Kräfte auf den Nagel ein: Zum einen die Schwerkraft und zum anderen die Magnetkraft, die hier anscheinend stärker ist.

Zubehör: 2 x 7, 11, 33, ein Nagel, Batterie

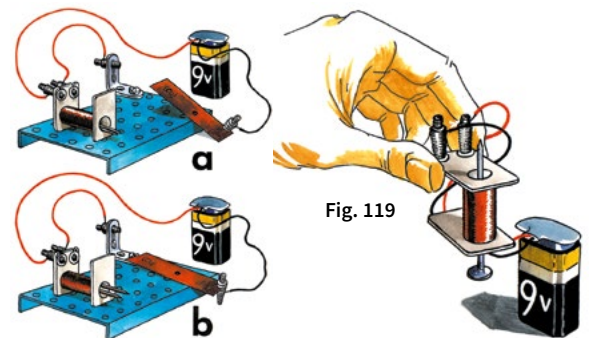


Fig. 120

120. DIE SPULE MIT ZWEI NÄGELN.

Die Spule auf den Kunststoffsockel setzen, zwei Nägel ohne Köpfe in die mittlere Bohrung stecken und die Spule an die Batterie anschließen. Wird der Stromkreis abwechselnd geschlossen und geöffnet, ist zu beobachten, wie sich die beiden Nägel bewegen. Bei geöffnetem Stromkreis gehen sie in die Stellung wie in Bild 120 a; sobald der Stromkreis geschlossen wird, bewegen sie sich auseinander wie in Bild 120 b. Das liegt daran, daß sie magnetisiert werden, aber da sie die gleichen Pole an der gleichen Seite haben, stoßen sie einander ab.

Zubehör: 5, 6, 4 x 7, 8, 11, 24, 28, 33, 2 Nägel, Batterie

121. DAS WEICHEISENAMPERMETER.

Einen Nagel in die Spulenbohrung stecken und mit Faden oder Gummi, so wie in Bild 121 gezeigt, festbinden. Außerdem einen Zeiger hineinstecken, der aus zwei Stück Eisenblech (von einer alten Konservendose) gemacht ist. Die Blechstücke sollen 40 x 5 mm und 60 x 2 mm groß und 0,2 - 0,4 mm dick sein und wie in Bild 121 zusammengebunden werden. Das dünnere Blechstück etwas nach links drehen. Wird die Spule an die Batterie angeschlossen, werden Nagel und Zeiger gleichnamig magnetisiert und stoßen sich deswegen ab. Mit einem echten Amperemeter kann man das selbstgebaute eichen und mit einer Skala versehen.

Zubehör: 2 x 7, 11, 33, zwei Stück Eisenblech, ein Stück Holz, ein Nagel, ein Gummi, eine Batterie

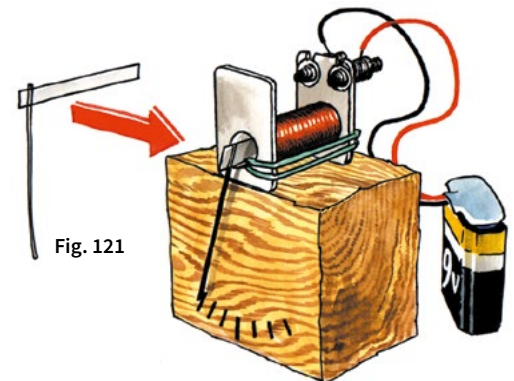


Fig. 121

122. NOCH EIN ANDERER TYP EINES AMPEREMETERS.

Zirka 20 Wicklungen Konstantendraht um einen Eisenstab wickeln und an die dadurch entstandene Feder einen Eisenkern hängen. Diesen Kern teilweise in die Spule (Bild 122) hineinstecken. Wenn die Spule an die Batterie angeschlossen ist, zieht sie den Eisenkern an. Je stärker der Strom, umso tiefer sinkt er ins Spulennere. Wenn man dieses Gerät mit einem Zeiger und einer Meßskala ausstattet, kann man damit auch messen, wie stark die Anziehung des Elektromagneten bzw. wie stark der Strom ist.

Zubehör: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 2 x 20, 28, 33, 37, Batterie

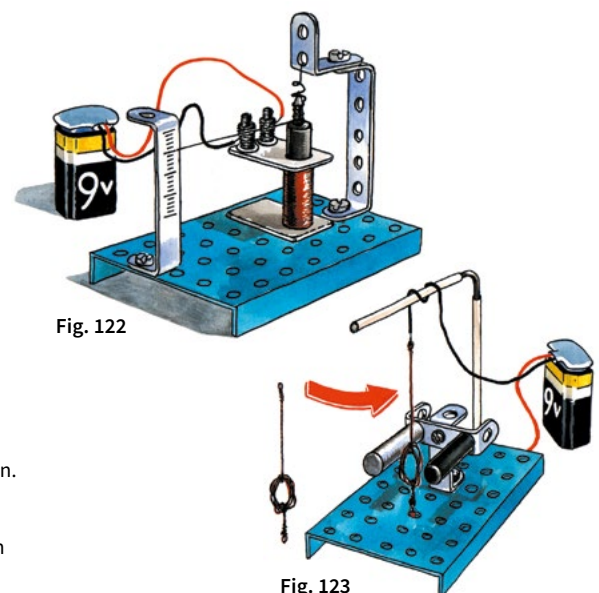


Fig. 122

123. DAS DREHSPULENINSTRUMENT.

Eine Schelle senkrecht auf dem Kunststoffsockel befestigen und auf dieser waagrecht eine zweite Schelle. An einem Ende der waagrecht Schelle den Eisenkern anbringen und an der anderen einen Magneten. Diese Anordnung ist eigentlich ein Hufeisenmagnet mit einem sehr starken magnetischen Feld zwischen den Schenkeln. In dieses Feld nun eine Spule aus 0,16 mm dickem isolierten Kupferdraht bringen. Die Spule sollte aus 10 bis 12 Wicklungen bestehen und 10 mm Durchmesser haben. Sie wird so, wie in Bild 123 links gezeigt, aufgehängt. Sie hängt an einem Haken aus blankem Kupferdraht, dessen eines Ende über den Papierständer (Herstellung siehe Versuch 20) zum positiven Batteriepol führt, das andere über den Sockel zum negativen Pol. Um eine bessere elektrische Verbindung zu erhalten, die Isolation an den Enden des Kupferdrahts abkratzen. Sobald der Stromkreis geschlossen ist, dreht sich die Spule entweder nach rechts oder nach links, je nachdem, in welche Richtung der Strom dreht. Alle präzisen elektrischen Meßgeräte arbeiten nach diesem Prinzip. Die Drehung der Spule wird im nächsten Versuch erklärt.

Zubehör: (20), 2 x 5, 3 x 6, 10, 16, 2 x 29, 33, 36, ein Ständer, Batterie

124. DER LEITER IM MAGNETFELD.

Eine Schelle senkrecht auf dem Kunststoffsockel befestigen und daran den Eisenkern und den Magneten festmachen. Außerdem braucht man ein 10 cm langes Stück Kupferdraht und das Gestell aus Versuch 20, daran wird der Gewindebolzen wie schon zuvor beschrieben gehängt und in das magnetische Feld des Hufeisenmagneten gehalten. Sobald der Stromkreis geschlossen wird, dreht sich die Schraube entweder nach links oder nach rechts, je nach Drehrichtung des Stromes. Diese Drehung entsteht, weil die beiden magnetischen Felder aufeinander reagieren: Das starke Feld zwischen den beiden Schenkeln des Magneten und das andere, das um den Leiter herum entsteht, sobald der Stromkreis geschlossen wird. Bekanntlich ziehen sich Magnetfelder entweder an oder stoßen sich ab, je nachdem, ob sie gleichnamig oder ungleichnamig sind. Dieser Versuch ist sehr wichtig, um zu verstehen wie ein Elektromotor funktioniert.

Zubehör: (20), 5, 2 x 6, 10, 12, 16, 29, 33, 36, Batterie

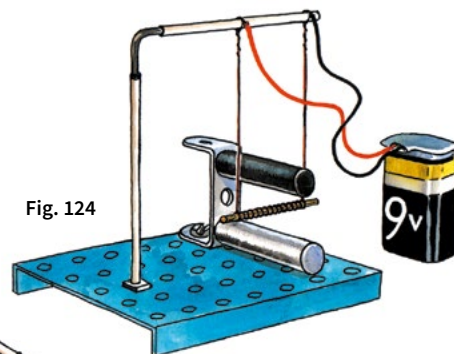


Fig. 124

125. BLOCKIERUNG DER WIRKUNG EINES ELEKTROMAGNETEN.

Den Elektromagneten auf dem Kunststoffsockel befestigen und ca. 1 cm von ihm entfernt die Schelle (38 x 12 mm) mit einem Baumwollfaden am Ständer aus Versuch 20 aufhängen. Bei geschlossenem Stromkreis zieht der Magnet die Schelle an. Wenn allerdings verschiedene Materialien wie z.B. Kupferblech, Zinkblech, Karton, Glas, Eisenblech u.ä. zwischen den Magneten und die Schelle gehalten werden, läßt sich feststellen, welche das magnetische Feld nicht beeinflussen und welche es blockieren.

Zubehör: (20), 5, 2 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 28, 29, 33, Baumwollfaden, Batterie

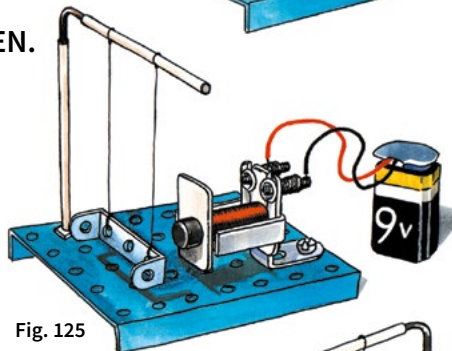


Fig. 125

126. ELEKTRISCHES BREMSEN.

Den Ständer aus Versuch 20 auf den Kunststoffsockel montieren und daran mit einem Baumwollfaden die Glocke (mit der Öffnung nach unten) anhängen. Den Elektromagneten darunter plazieren. Die Glocke am Rand mit einem Strich markieren. Solange der Stromkreis nicht geschlossen ist, die Glocke dreimal drehen. Dann loslassen und zählen, wie oft sie sich dreht, bis sie wieder geradehängt. Sobald sie wieder ruhig hängt, den Stromkreis schließen und den gleichen Versuch wiederholen. Hierbei stellt man fest, daß der Elektromagnet die Glocke abbremst. Dieses Prinzip ist in der Technik sehr wichtig.

Zubehör: (20), 6, 2 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 33, Baumwollfaden, Batterie

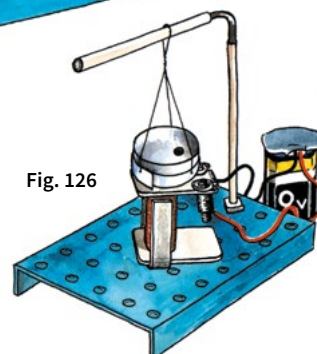


Fig. 126

DIE ANWENDUNG DES ELEKTROMAGNETEN IN DER TECHNIK

127. DER MORSETELEGRAPH.

Einen Elektromagneten bestehend aus Spule, Eisenkern und Kernmantel auf dem Kunststoffsockel befestigen. Als nächstes die Konstruktion (K) bauen und in der Nähe des Magneten aufstellen. Sie besteht aus einer 60 x 12 mm Schelle, die waagrecht an einer senkrechten Schelle angebracht ist. Rechts wird ein 25 x 25 mm Winkel angebracht, in dem ein dünner Bleistift steckt. Einen Schalter, der aus einer Kupferplatte, einem 25 x 25 mm Winkel und einer Sprungfeder besteht, an der Plastikplatte befestigen (siehe Bild 127). Schließt man diesen Telegraphen nun an die Batterie an und dann den Stromkreis, zieht der Elektromagnet diese Ankerkonstruktion an. Sobald der Stromkreis unterbrochen wird, geht der Anker wieder in die Ausgangsposition zurück. Beim richtigen Telegraphen schreibt der Bleistift Punkte und Striche auf einem unter ihm vorbeilaufenden Papierstreifen. Je nachdem, wie lange der Stromkreis jeweils geschlossen ist, entstehen diese Punkte und Striche, die das Morsealphabet darstellen (Versuch 85).

Zubehör: 5 x 5, 6 x 6, 6 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 24, 2 x 28, 29, 33, Batterie, Bleistift, Papier

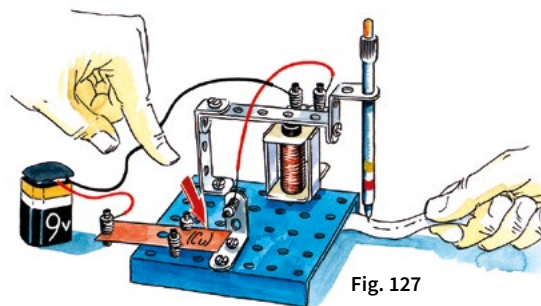


Fig. 127

128. DER MORSESCHLÜSSEL.

Um zwei Telegraphen abwechselnd an- und auszuschalten erfand Morse einen besonderen Schalter. Diesen können wir nachbauen. Man braucht dazu eine Kupferplatte, zwei 25 x 25 mm Winkel und eine Sprungfeder, die am Rand des Kunststoffsockels befestigt werden. Die zwei Winkel mit ihrem Schrauben bilden den linken und den rechten Kontakt (siehe Bild 128). Der Morseschlüssel hat drei Zuleitungen, wobei die mittlere für beide Kontakte die gemeinsame Zuleitung darstellt. Legt man den Hebel zur einen oder anderen Seite um, fließt der Strom durch den rechten oder linken Kontakt. Am besten kann man den Morseschlüssel verstehen, wenn man zwei Telegraphen miteinander verbindet.

Zubehör: 7 x 5, 8 x 6, 7 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 23, 3 x 28, 29, 33, Batterie

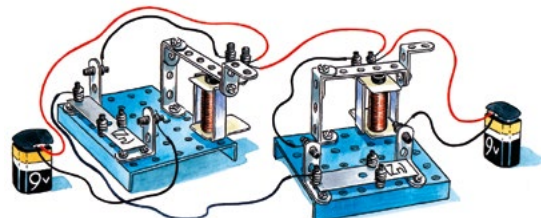


Fig. 128

129. SCHALTPLÄNE.

Bild 129 ist ein Schaltplan für zwei Morsetelegraphen und zwei Schlüssel. Die Buchstaben bedeuten folgendes:

T = Morsetelegraph **B = Batterie** **K = Morseschlüssel** **Z = Erde**

Auf diese Art und Weise könnte man z.B. zwei Bahnhöfe verbinden. Im Eisenbahnverkehr setzte man Morsetelegraphen ein. Wenn man zwei Baukästen besitzt, kann man die Apparatur laut Schaltplan nachbauen. Stellt man die beiden Telegraphen dann in verschiedenen Räumen auf und verbindet sie mit Drähten, kann man telegraphieren. Bei der Eisenbahn braucht man nur einen Draht, der andere wird durch die Erde dargestellt. Der Kontakt wird mit der zwei eingegrabenen Metallplatten hergestellt.

Zubehör: 2 Morsetelegraphen, 2 Morseschlüssel, 2 Batterien

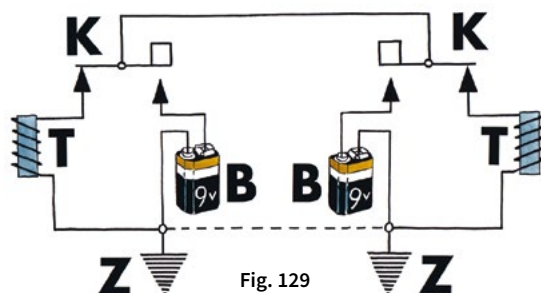


Fig. 129

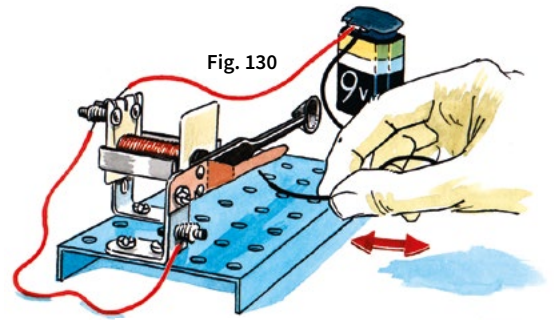
130. DER WAGNERSCHER HAMMER.

Der Physiker Wagner erfand ein elektrisches Gerät, das selbsttätig den Strom ein- und abschaltet. Man nennt es den Wagnerschen Hammer und setzt es in der Technik häufig ein. So wird er gebaut:

Mit dem Winkel von 25 x 25 mm wird der Elektromagnet am Kunststoffsockel befestigt. Ca. 2-3 mm vom Elektromagneten entfernt bringt man den Klingelanker mit dem anderen Winkel an. Der Strom soll von der Batterie durch den Leitungsdraht, der noch in der Hand gehalten wird, zum Winkel fließen, dann über den Verbindungsdraht zur Spule und zurück zur Batterie.

Sobald der Stromkreis geschlossen wird, beginnt der Klingelanker zu vibrieren. Er öffnet und schließt so abwechselnd den Stromkreis. Wird der Anker vom Elektromagneten angezogen, wird der Strom unterbrochen, da sich der Anker vom Kontakt entfernt hat. Dann wirkt der Elektromagnet nicht mehr. Von der Feder getrieben, geht der Anker wieder in seine Ausgangsposition zurück, wodurch der Stromkreis wieder geschlossen wird. Dieser Ablauf wiederholt sich dauernd.

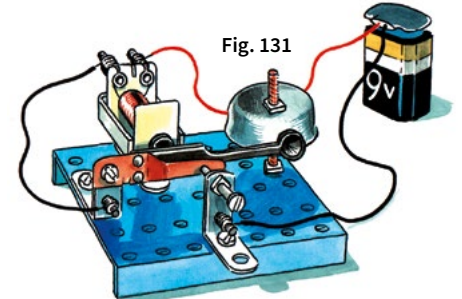
Zubehör: 4 x 5, 5 x 6, 3 x 7, 8, 11, 16, 17, 2 x 28, 31, 33, Batterie



131. DIE ELEKTRISCHE KLINGEL.

Wenn man schon einen Wagnerschen Hammer gebaut hat, ist es ganz leicht, auch eine elektrische Klingel zu bauen. Man braucht zusätzlich noch die Einstellschraube und die Glocke selbst. Wie in Bild 131 gezeigt, ist die Einstellschraube ein Winkel, in der die Schraube und zwei Muttern sitzen. Die Glocke wird am Sockel mit dem Gewindebolzen und den Muttern angebracht. Die Anschlüsse sind in Bild 131 gezeigt.

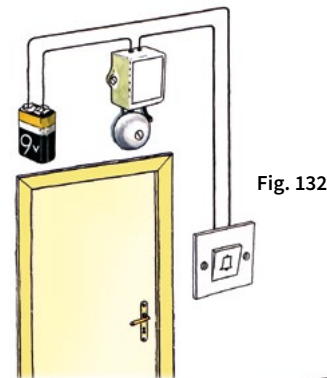
Zubehör: 5 x 5, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33, Batterie



132. DIE ELEKTRISCHE KLINGEL ERSETZT DEN PFÖRTNER.

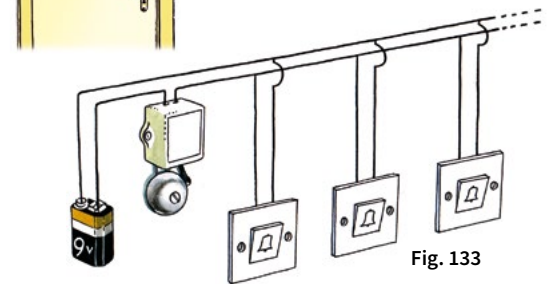
Bild 132 zeigt den Schaltplan für die Verbindung von elektrischer Klingel, Batterie und Klingelknopf. Die Glocke und die Batterie sind in der Wohnung angebracht und der Klingelknopf am Eingang. Ein Besucher drückt dort auf den Knopf, dadurch wird der Stromkreis geschlossen und die Klingel ertönt. Benutzt man einen weiteren Elektromagneten, kann man gleichzeitig die Tür öffnen.

Zubehör: eine elektrische Klingel, Batterie, Druckschaltknopf, Verbindungsdrähte



133. DIE KLINGEL MIT MEHREREN KLINGELKNÖPFEN.

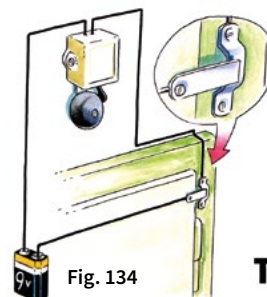
In bestimmten Einrichtungen wie Krankenhäusern, Hotels, Eisenbahnwagen usw., muß man Personen wie die Krankenschwester oder den Zimmerservice von verschiedenen Stellen aus rufen können. Bild 133 ist der Schaltplan für die Verbindung von Glocke, Batterie und mehreren Klingelknöpfen. Nehmen wir einmal das Beispiel eines Schlafwagens. Im Gang des Schlafwagens gibt es über jeder Abteiltür ein rotes Signalschild. Wenn die Klingel läutet, klappt es herunter und der Schaffner weiß, welcher Fahrgast ihn ruft. Auch in Krankenhäusern und Hotels gibt es solche Signaltafeln, die ebenfalls elektromagnetisch betätigt werden.



134. EINE SIGNALANLAGE.

Aus sehr dünnem Dosenblech einen Schalter wie in Bild 134 gezeigt herstellen. Jedes Blechteil muß 10 mm breit und 60 mm lang sein. Diesen Schalter über der Tür so anbringen, daß sich zwei Blechteile berühren, wenn die Tür geöffnet ist, bei geschlossener Tür aber nicht. Verbindet man diesen Schalter dann mit der Batterie und der elektrischen Klingel, hat man eine Signalanlage, die anzeigt, wenn die Tür oder ein Fenster geöffnet wird. Solche Einrichtungen benutzt man als Sicherungsanlagen in Lagerhäusern, Geschäften und Wohnungen.

Zubehör: Dosenblech, elektrische Klingel, Lötdraht, Verbindungsdrähte

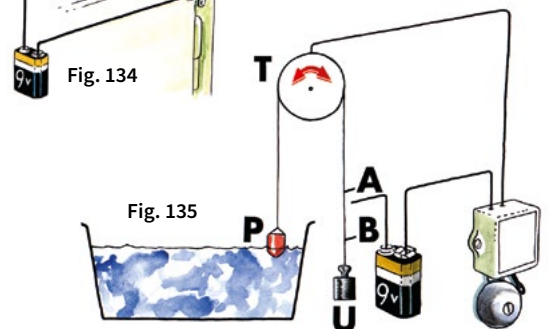


135. EINE ELEKTRISCHE FÜLLSTANDSANZEIGE.

Der Wasserstand oder der Stand einer anderen Flüssigkeit im Tank einer Fabrik oder eines Labors sollte einen bestimmten Punkt nie unter- oder überschreiten. Diese Stellen kann man wie in Bild 135 gezeigt, elektrisch sichern. Auf der Flüssigkeit schwimmt ein Schwimmer, der mit dem Wasserstand steigt und fällt. Erreicht er den entscheidenden oberen Punkt, wird Kontakt A geschlossen und eine elektrische Klingel ertönt als Warnsignal. Fällt der Wasserstand jedoch unter die untere Grenze, wird der Stromkreis durch Kontakt B geschlossen und der Alarm ausgelöst.

Man kann den Flüssigkeitspegel auch ganz automatisch regulieren, indem die genannten Kontakte einen Zufluß bzw. Abfluß der Flüssigkeit auslösen.

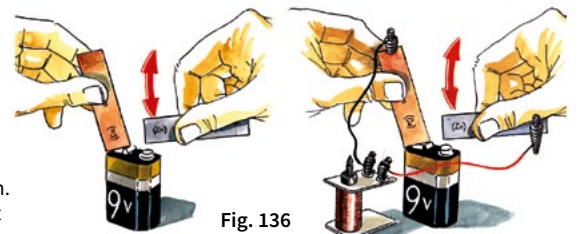
Die Abkürzungen bedeuten: P = Schwimmer, T = Rad, U = Gewicht



136. PHYSIOLOGISCHE WIRKUNGEN DES ELEKTRISCHEN STROMES.

Elektrischer Strom wirkt auf den eigenen Körper. Dazu einige Versuche:

1. Nimm eine Kupferplatte in die linke und eine Zinkplatte in die rechte Hand und berühre die beiden Batteriepole (Bild 136 links). Obwohl anzunehmen ist, daß der elektrische Strom durch den Körper fließt, fühlt man es beim Berühren der Batteriepole nicht.
2. Verbinde die Metallplatten mit der Spule, in der sich der Eisenkern befindet (Bild 136 rechts). Mit den Platten in der Hand wird der Strom eingeschaltet und wieder unterbrochen. Wie zuvor fühlt man beim Schließen des Stromkreises nichts; ganz im Gegenteil, man spürt erst einen starken Stromschlag, wenn der Stromkreis wieder geöffnet wird.



Diese Stromschläge kommen aus der Spule, wenn der Stromkreis geöffnet wird. Zur Erklärung dieser Erscheinung, sollte Versuch 95 wiederholt werden. Dort ging es um den induktiven Widerstand der Spule. Steht die Spule unter Strom, baut sich ein magnetisches Feld um sie auf, wird der Stromkreis unterbrochen, wird dieses magnetische Feld zerstört und induziert in der Spule kurzzeitig einen derart starken Strom, daß wir ihn als Schlag empfinden.

Zubehör: 4 x 7, 11, 16, 23, 24, 33, Batterie

137. DER INDUKTIONSAPPARAT.

Von der elektrischen Klingel zum Induktionsapparat (Selbstinduktionsapparat) ist es nur ein kleiner Schritt. Während die Klingel läutet wird sie an zwei Metallplatten angeschlossen: die erste wird mit der Einstellschraube befestigt und die zweite mit dem Winkel, der den Anker trägt (Bild 137). Mit trockenen Händen spürt man nur einen schwachen Strom, sind sie aber naß, einen starken.

Anscheinend ist die Spannung des Stromes, den man jetzt spürt, stärker als die der Taschenlampenbatterie.

Zubehör: (131), 23, 24, 33

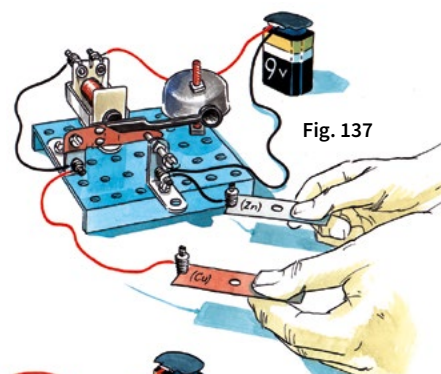


Fig. 137

138. ELEKTRISIERUNG DURCH WASSER.

Eine Metallplatte aus dem vorstehenden Versuch und eine Münze in eine Schüssel mit Wasser legen. Während die Klingel läutet, mit der rechten Hand die andere Metallplatte festhalten und mit der linken versuchen, die Münze aus dem Wasser zu holen. Beim Berühren des Wassers spürt man einen starken Schlag und kann die Münze nicht herausholen, weil sich die Hand verkrampft. Es ist immer sehr gefährlich elektrische Einrichtungen mit nassen Händen zu berühren!

Zubehör: (137), eine Schüssel mit Wasser, eine Münze

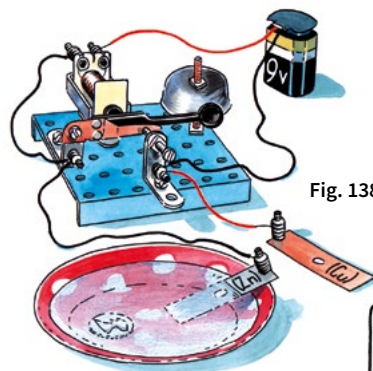


Fig. 138

139. DIE ERDE ALS LEITER.

Die Elektrode aus dem vorstehenden Versuch in feuchte Erde stecken und barfuß daraufstellen. Die andere Elektrode in die Hand nehmen, man stellt fest, daß die feuchte Erde ein sehr guter elektrischer Leiter ist. Bild 139 ist nur ein Ausschnitt des Versuchsaufbaus.

Zubehör: (137)

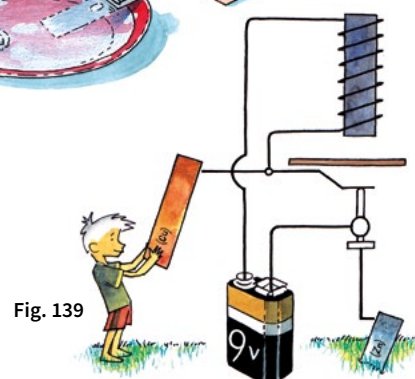


Fig. 139

140. DAS RELAIS.

Ein Relais ist ein Gerät, mit dem ein Stromkreis mit starkem Strom indirekt durch einen schwächeren Strom geöffnet und unterbrochen werden kann. Es gibt zwei Arten von Relais: Zum Öffnen und zum Schließen. Beide können mit dem Baukasten gebaut werden. Bild 140 zeigt den Schaltplan für ein Einschaltrelais. Im ersten Stromkreis befinden sich der Elektromagnet und die Batterie 1. Sobald der Stromkreis geschlossen wird, zieht der Elektromagnet den kleinen Anker an, der dann wiederum einen anderen Stromkreis schließt, zu dem Batterie 2, eine Glühlampe und ein Anker gehören. Dadurch leuchtet die Glühlampe auf. Das Einschaltrelais läßt sich ganz einfach zu einem Ausschaltrelais umbauen.

Zubehör: 3 x 5, 3 x 6, 6 x 7, 8, 11, 14, 16, 2 x 29, 31, 33, 35, 2 Batterien

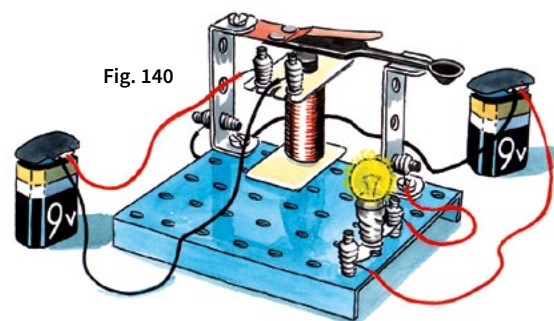


Fig. 140

141. DAS HIRTENTELEFON.

Die Leute, die früher die Kühe hüteten, haben sich ein ganz besonderes Telefon einfallen lassen, das die meisten schon einmal im Kindergarten gebaut haben. Es besteht aus zwei Kartonzylindern, die auf der einen Seite mit Pergamentpapier bespannt sind. Man kann dafür einen Yoghurtplastikbecher benutzen. Diese beiden Zylinder werden mit einem dünnen Faden verbunden, der während des Gesprächs ganz straff gehalten werden muß. Während der eine spricht, hört der andere zu und umgekehrt. Man kann also nicht gleichzeitig sprechen und hören. Beim Sprechen vibriert die Pergamentmembran. Diese Vibrationen werden über den straff gespannten Faden an die andere Membran übertragen, so daß man die Stimme von der anderen Seite hört. Mit diesem Telefon kann man sich jedoch nicht über sehr weite Entfernungen unterhalten oder um eine Ecke sprechen. Das Telefon von Bell basiert auf dem gleichen Prinzip. Es besteht auch aus zwei Teilen, die jeweils einen Permanentmagneten enthalten, einen Eisenkern und eine Spule; vor dem Elektromagneten befindet sich eine dünne Metallmembran. Spricht man gegen die Membran, wird das magnetische Feld verändert. Die Veränderung wird in der Spule induziert. Dieser elektrische Strom wird über zwei Drähte an den anderen Telefonapparat übertragen, wo er wiederum die Metallmembran zum schwingen bringt. Heutzutage benutzt man anstatt des Telefons von Bell eine modernere Version mit Hörmuschel und Mikrofon.

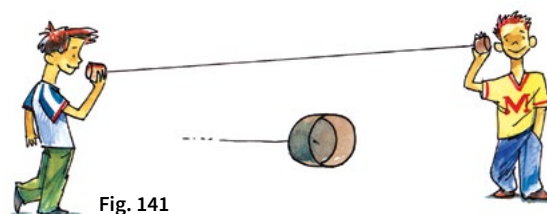


Fig. 141

142. UMWANDLUNG VON ELEKTRISCHER ENERGIE IN SCHALLENERGIE.

Bild 142 zeigt den Schaltplan eines Geräts, mit dem man elektrische Energie in Schallenergie umwandeln kann. Dazu einen Elektromagneten, bestehend aus Eisenkern, Kernmantel und Spule auf der Plastikplatte befestigen. Über den Elektromagneten den Metalldeckel einer Bonbondose (aus Eisenblech) legen, während des Versuchs den Deckel etwas anheben, er dient als unsere Membran. Wird der Stromkreis abwechselnd geschlossen und geöffnet, ist ein Rauschen zu hören. Wenn der Stromkreis geschlossen wird, zieht der Elektromagnet die Membran an, wird er geöffnet, geht die Membran, da sie flexibel ist, wieder in die Ausgangsposition zurück. Die Hörmuschel, die im nächsten Versuch gebaut wird, basiert auf dem gleichen Prinzip.

Zubehör: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, ein Blechdeckel, Batterie

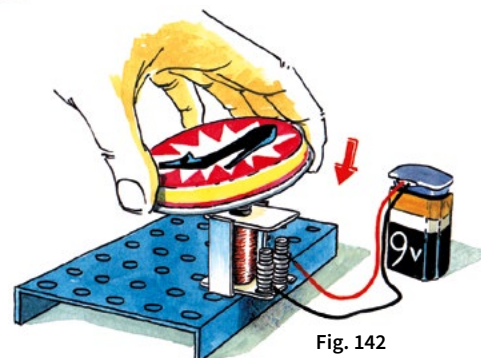


Fig. 142

143. HÖRMUSCHEL.

Mit der kleinen und der großen Schelle die Membran und den Elektromagneten so verbinden, daß sie nur 1-2 mm voneinander entfernt sind. Dann die Hörmuschel wie in Bild 143 gezeigt an die Batterie anschließen. Beim Schließen des Stromkreises, sollte die Membran den Elektromagneten nicht berühren, aber auch nicht zu weit von ihm weg sein. Wird der Stromkreis geschlossen, zieht der Elektromagnet die Membran an. Wenn der Stromkreis geöffnet wird, entspannt sich die Membran wieder. Man kann das charakteristische Rauschen im Hörer wahrnehmen.

Zubehör: 4 x 5, 6 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 20, 22, 2 x 29, 33, Batterie

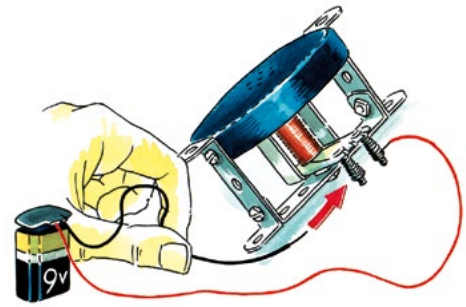


Fig. 143

144. EINE FEILE ALS STROMUNTERBRECHER.

Die Hörmuschel aus dem vorstehenden Versuch mit der Batterie durch eine Feile verbinden wie in Bild 144 gezeigt. Mit einem Kontakt an der Feile entlangstreichen, daraufhin raschelt es in der Hörmuschel, weil der Stromkreis so häufig unterbrochen wird.

Zubehör: (143), eine Feile

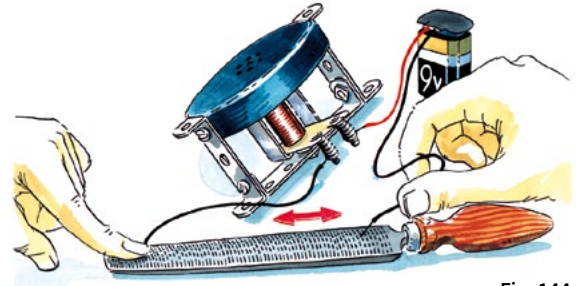


Fig. 144

145. DIE AUTOHUPE.

Für diesen Versuch braucht man eine Hörmuschel (Bild 143), eine Batterie und einige Verbindungsdrähte. Einen Pol der Spule mit der Membran verbinden und den anderen mit dem Batteriepol. Den anderen Batteriepol vorsichtig mit der Membran verbinden (die Membran muss sich noch bewegen lassen) wie in Bild 145 gezeigt.

Zubehör: (143), 7

146. DAS MIKROPHON.

Der Baukasten enthält ein sehr einfaches und doch empfindliches Mikrophon. Es besteht aus zwei Hauptteilen: Die Membran, ähnlich wie die in der Hörmuschel, diesmal jedoch aus Kunststoff, und drei Stäbe, zwei aus Eisen, die an der Membran befestigt sind und ein dritter aus Kohle, der die anderen zwei berührt. Die Batterie, das Mikrophon und die Glühbirne zu einem geschlossenen Stromkreis verbinden wie in Bild 146 gezeigt. Drückt man mit dem Finger auf das nicht befestigte Kohlestäbchen, leuchtet die Glühbirne auf. Je stärker man drückt, umso stärker leuchtet sie. Je nachdem, ob der Kontakt mit dem Kohlestäbchen stärker oder schwächer ist, läßt das Mikrophon mehr oder weniger Strom durch. Wenn jemand in das Mikrophon spricht, passiert genau das gleiche.

Zubehör: 2, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7, 8, 14, 2 x 28, 33, 35, Batterie

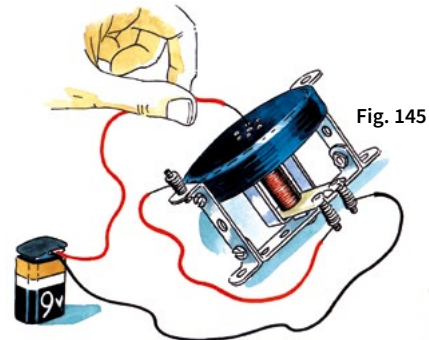


Fig. 145

147. DAS TELEFON.

Verbindet man sowohl die Hörmuschel aus Versuch 143 als auch das Mikrophon aus dem letzten Versuch mit der Batterie, erhält man einen Telefonapparat, d.h. ein Gerät zur Übertragung von Sprache und anderen Geräuschen über weite Entfernungen. Legt man eine tickende Uhr auf den Kunststoffsockel, so kann man das über die Hörmuschel hören, weil das Ticken die Membran des Mikrophons vibrieren läßt. Wenn die Kohlestäbchen des Mikrophons mehr oder weniger Strom durchlassen und die Membran vom Elektromagneten in der Hörmuschel unterschiedlich stark angezogen wird, vibriert die Luft und diese Schwingungen kann man wahrnehmen. Dieses selbstgebaute Telefon kann auch Sprache übertragen. Dafür die Hörmuschel in ein anderes Zimmer bringen als das Mikrophon. (Für diesen Versuch braucht man längere Drähte.)

Zubehör: (143), (146), eine tickende Uhr

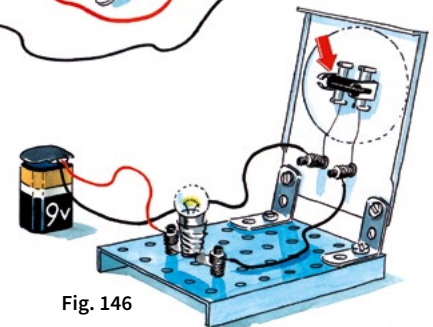


Fig. 146

GENERATOREN UND ELEKTROMOTOREN

148. UMWANDLUNG VON MECHANISCHER IN ELEKTRISCHE ENERGIE.

1. Die Spule mit dem Galvanoskop (Bild 148) verbinden und dann den Magneten mit einer ruckartigen Bewegung in die Bohrung der Spule schieben. Der Galvanoskopzeiger schlägt aus und geht dann schnell wieder in die Ausgangsstellung zurück. Auch wenn man den Magneten schnell herauszieht, schlägt der Zeiger aus, diesmal jedoch in die entgegengesetzte Richtung.

2. Den Magneten herumdrehen und den gleichen Versuch wiederholen. Auch diesmal sind Stromstöße zu beobachten. Wie wird der elektrische Strom in diesem Versuch erzeugt? Die früheren Versuche haben gezeigt, daß der Magnet ein magnetisches Feld erzeugt. Schiebt man den Magneten in die Spule, überschneiden sich die Kraftlinien mit den Spulenwindungen. Durch diese Induktion wird elektrischer Strom erzeugt, jedoch nur solange sich der Magnet bewegt, d.h. solange sich die Lage des Magnetfeldes ändert. Dies ist einer der wichtigsten Versuche aus der Elektrotechnik. Alle Generatoren arbeiten nach diesem Prinzip. Ein Generator ist eine Maschine, die die mechanische Energie in elektrische Energie umwandeln kann.

Zubehör: 1, 4 x 7, 10, 11, 33, 34

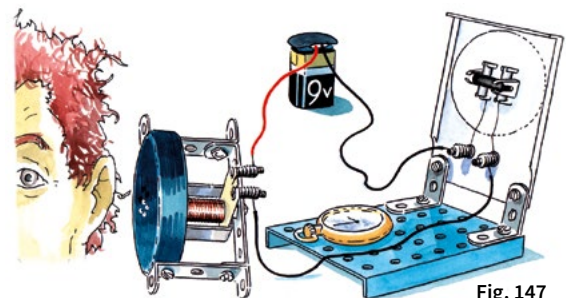


Fig. 147

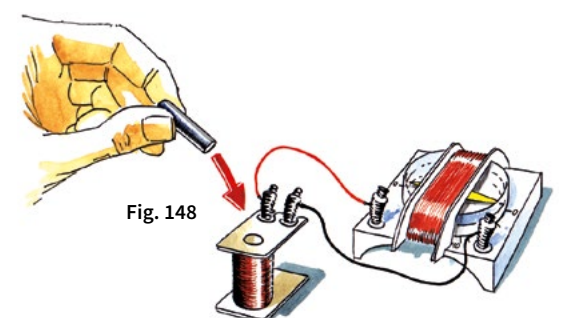


Fig. 148

149. DER WECHSELSTROMGENERATOR.

Den Eisenkern in die Spule stecken und die Spule mit dem Galvanoskop verbinden. Dann warten, bis der Zeiger auf Null zurückgeht. Dreht man nun den an einem Faden hängenden Magneten über der Spule hat man die einfachste Version eines Wechselstromgenerators.

Zubehör: 1, 4 x 7, 10, 11, 16, 33, 34, Papier, Faden

150. DER STATOR DES GENERATORS UND DES ELEKTROMOTORS.

Stator nennt man den Teil elektrischer Maschinen, der sich nicht bewegt. Wir wollen einen Stator bauen. Die beiden Statorteile auf der Kunststoffunterlage befestigen. Den Magneten zwischen die Schenkel schieben und mit einem Gewindebolzen verspannen. Der Stator ist fertig. Der Kompaß zeigt an, daß zwischen den Schenkeln des Stators ein Magnetfeld entstanden ist. Wenn man einige Eisenspäne darauf sprengt, kann man sogar nachweisen, daß die magnetischen Kraftlinien von einem Schenkel zum anderen laufen (vgl. Versuch 41).

Zubehör: 2 x 5, 4 x 6, 8, 10, 12, 15, 34

151. DER ROTOR DES GENERATORS UND DES ELEKTROMOTORS.

Eigentlich ist ein Rotor nichts weiter als eine drehbare Spule. Die beiden Enden ihrer Wicklungen enden in zwei kreiszylindrischen Halbschalen, die man Kollektor nennt, und die beim Elektromotor für die Stromzufuhr sorgen und beim Generator für die Ableitung. An jeder Seite des Kollektors lehnt eine Metallfeder, man nennt sie Bürste. Mit dem Kompaß kann man die Funktion des Rotors untersuchen.

1. Den Rotor über die Bürsten mit der Batterie verbinden (Bild 151)
2. Mit dem Kompaß den Nord- und den Südpol des Rotors bestimmen.
3. Überprüfen, ob die Rotorpole gleich bleiben oder sich verändern, wenn der Rotor um 360 Grad gedreht wird.

Bei genauer Beobachtung ist festzustellen, daß sich die Polarität der beiden Rotorpole ändert, wenn man ihn um 180 Grad dreht, denn dann ändert der Kollektor die Richtung des elektrischen Stroms. Natürlich ändert sich die Richtung des Stroms, wenn die Rotorspule eine waagerechte Stellung einnimmt. Dann ändern sich auch die Magnetpole des Rotors. Der Nordpol wird zum Südpol und umgekehrt.

Zubehör: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 19, 2 x 20, 21, 33, Batterie

152. DER GLEICHSTROMMOTOR.

Nach dem Bau eines Generatorstators (Versuch 150) und eines Generatorrotors mit Bürsten (Versuch 151) kann man einen Elektromotor für Gleichstrom bauen. Zunächst den Rotor mit den Bürsten aufstellen, dann den Stator. Überprüfen, ob der Rotor sich auch problemlos dreht und die Bürsten am Kollektor angelehnt sind. Danach den Elektromotor an eine Batterie anschließen. Der Rotor beginnt sich zu drehen, zunächst recht langsam, dann aber immer schneller, bis zur vollen Drehzahl, etwa 2800 - 3000 Umdrehungen in der Minute. Jetzt die Pole an der Batterie wechseln. Was passiert?

Zubehör: (151), 2 x 5, 4 x 6, 10, 12, 15

153. DER GLEICHSTROMGENERATOR.

Den Elektromotor aus dem letzten Versuch an das Galvanoskop anschließen und den Rotor mit der Hand drehen. Der Galvanoskopzeiger schlägt aus. Dreht man den Rotor in die andere Richtung, bewegt sich der Zeiger auch in die entgegengesetzte Richtung. Das bedeutet, daß der Gleichstrommotor auch als Generator eingesetzt werden kann, also ein Gerät mit dem man elektrischen Strom erzeugt.

Zubehör: (152), 1, 2 x 7, 34

NACHWORT

Wenn man nun alle hier beschriebenen Versuche durchgeführt hat, bedeutet das noch lange nicht das Ende, sondern erst den Anfang der Arbeit. Diese Versuche sind die ersten und wichtigsten Schritte, um die wesentlichsten technischen Zusammenhänge aus eigener Erfahrung kennenzulernen. Jetzt kann man weiterlernen, mit anderen diskutieren, Bücher lesen oder entsprechende Sendungen im Radio oder Fernsehen verfolgen.

Die gewonnenen Erkenntnisse kannst du auch mit Folgendem erweitern:
GENIUS (153 elektrische und elektronische Experimente und theoretische Beschreibungen)

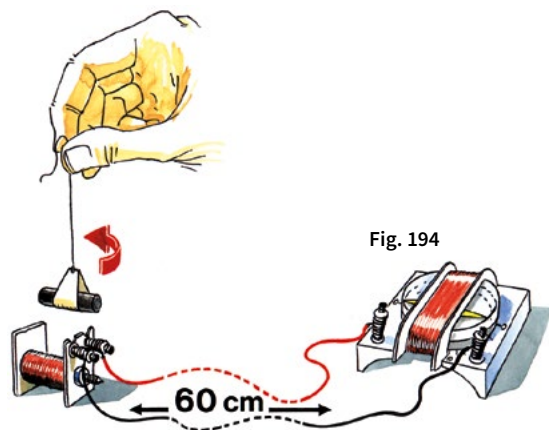


Fig. 194

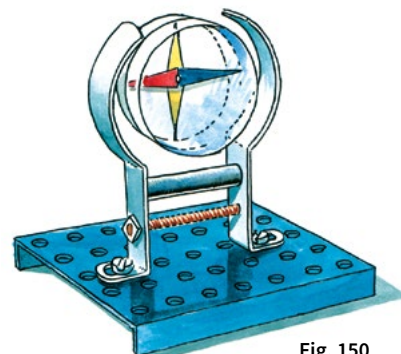


Fig. 150

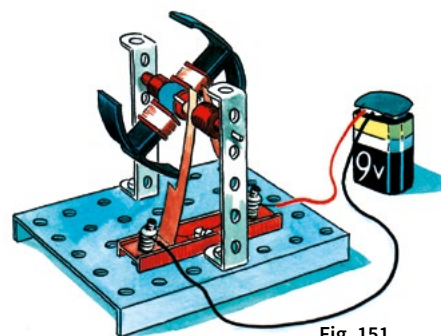


Fig. 151

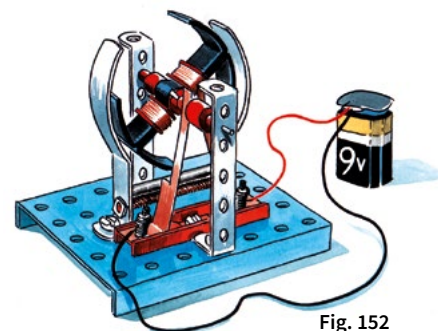


Fig. 152

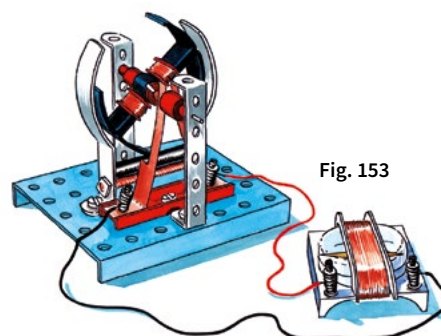


Fig. 153

DE: Korrekturen

EN71: Magnet

WARNUNG: Nicht geeignet für Kinder unter 8 Jahren. Dieses Produkt enthält einen kleinen Magnet mit einem magnetischen Fluss von über 50 KG 2 mm. Verschluckte Magnete können im Darmsystem aneinander haften und so zu schweren Verletzungen führen. Sofort ärztliche Hilfe aufsuchen, wenn Magnete (-e) verschluckt werden.

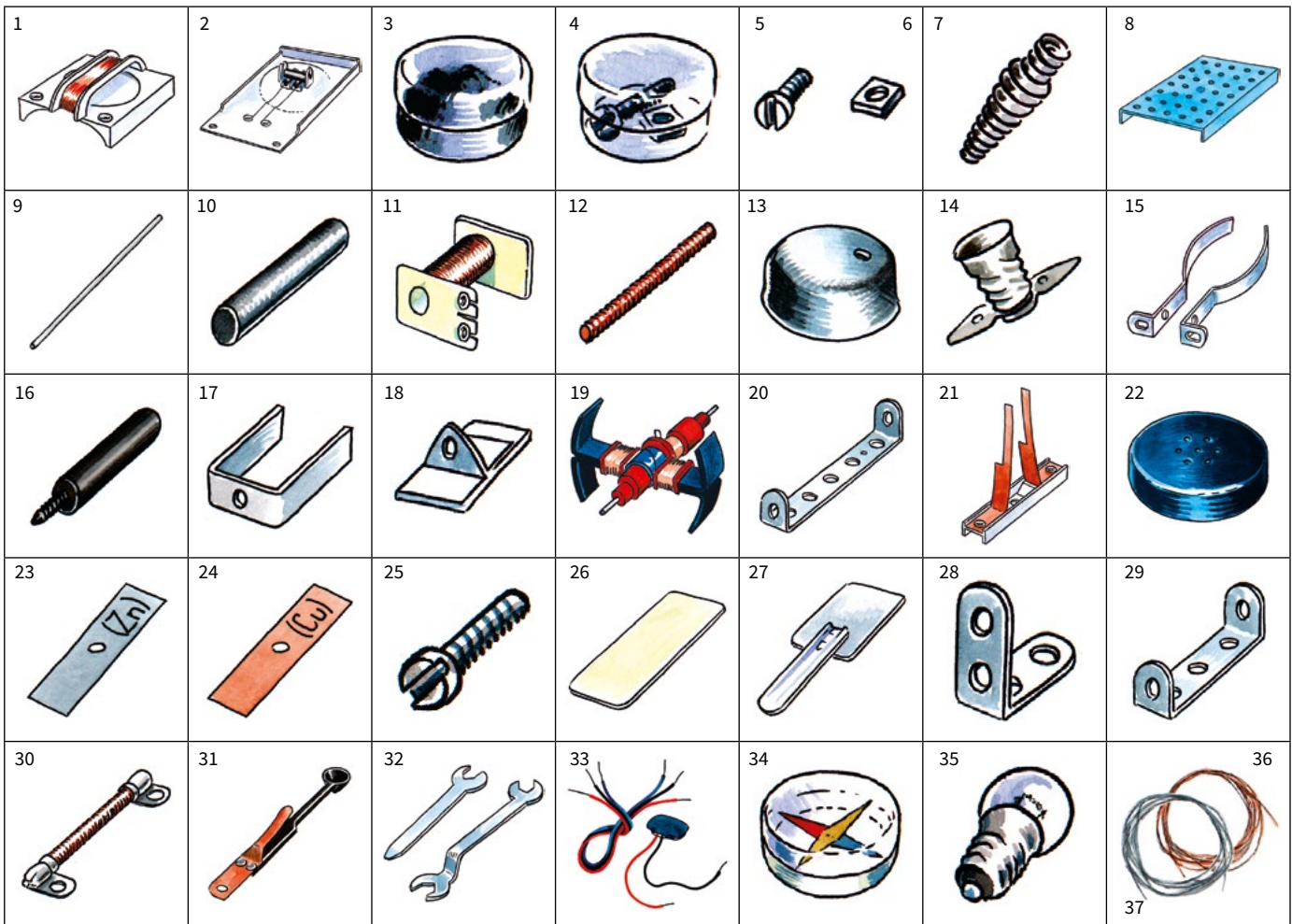
EN62115:

WARNUNG: Nur für Kinder im Alter von 8 Jahren und älter geeignet. Anweisungen für Eltern sind enthalten und müssen beachtet werden. Dieses Produkt enthält lose Drähte. Die Drähte dürfen nicht in Steckdosen gesteckt werden.

Experiment 97: Die Temperatur des Widerstands im Experiment 97 kann sich übermäßig erhöhen, aber die Anweisungen geben keinen Hinweis über mögliche Gefahren und enthalten keine Warnung. Die heiße Oberfläche der zugänglichen Teile, wie etwa die Oberfläche des Widerstands, der Batterien, der Wicklung und anderer elektronischer Komponenten darf während und nach dem Experiment nicht berührt werden. Stellen Sie sicher, dass sich heiße Oberflächen abgekühlt haben, sonst besteht Verbrennungsgefahr. Die Verpackung muss aufbewahrt werden, da sie wichtige Informationen enthält.

VERZEICHNIS DER BAUTEILE

Nr.	VERZEICHNIS DER BAUTEILE	Anzahl	Nr.	VERZEICHNIS DER BAUTEILE	Anzahl
1	Galvanoskop	1	21	Bürstenpaar	1
2	Mikrophon	1	22	Hörmuschel	1
3	Schachtel mit Eisenspänen	1	23	Zinkplatte (Zn)	1
4	Schachtel mit Schrauben und Muttern	1	24	Kupferplatte (Cu)	1
5	Kurze Schraube M 4x5	12	25	Einstellschraube M4 x 20	1
6	Muttern M4	16	26	Polyvinylplatte	1
7	Sprungfeder	1	27	Metallplättchen mit Kunststoffgriff	1
8	Kunststoffsockel	8	28	Winkel 25 x 25 mm	4
9	Eisenstab	1	29	Kleine Schelle 28 x 12 mm	2
10	Magnet	1	30	Widerstand (Rheostat)	1
11	Spule	1	31	Hämmerchen für die Klingel	1
12	Gewindebolzen	1	32	Schraubenschlüssel mit Schraubenzieher	2
13	Glocke	1	33	Leitungsdraht	5
14	Glühbirnenträger	1	34	Kompaß	1
15	Stator, zweiteilig	1	35	Glühbirne	1
16	Eisenkern	1	36	Kupferdraht	1
17	Kernmantel	1	37	Konstanter Draht	1
18	Anker	1			
19	Rotor	1			
20	Große Schellen 60 x 12 mm	2			



ELECTRO PIONEER

153 expériences dans le domaine de l'électricité et du magnétisme

Fonctionne avec une pile **9V**  (non fournie)

Producteur et détenteur des droits d'auteur: Mehano d.o.o. • Polje 9 • SI-6320 Izola • SLOVENIE

CONTENTS

EXPERIENCES ELECTROSTATIQUES	143 - 148
EXPERIENCES MAGNETIQUES	148 - 153
BATTERIES, ELEMENTS	153 - 159
ELECTROMAGNETISME	159 - 162
L' ELECTRO-AIMANT DANS LA TECHNIQUE	162 - 165
GENERATRICES ET MOTEURS ELECTRIQUES	165 - 166

DROITS ET OBLIGATIONS

En achetant ce manuel, vous vous engagez à respecter toutes les prescriptions dans le domaine des droits d'auteur relatives à ce genre d'édition et à ne pas violer ces droits.

Le contenu de ce livre est protégé par la loi des droits d'auteur. Aucune partie de ce manuel ne peut être reproduite, recopiée, photocopiée ou transmise à n'importe quel media de stockage informatique, sans une autorisation écrite de l'éditeur au préalable. Toutes les expériences décrites dans ce livre ont été soigneusement examinées et testées.

Cependant, l'éditeur dégage toute responsabilité en cas de dommage physique et/ou matériel, ou préjudice quelconque pouvant survenir durant la réalisation des expériences décrites dans ce livre.

A NOS JEUNES LECTEURS

Nous sommes heureux de vous voir pénétrer dans l'univers fascinant de l'électricité grâce à notre manuel, et nous espérons que vous trouverez beaucoup de plaisir en exécutant ces expériences. Cependant, ce kit n'est pas conçu uniquement pour le plaisir. En réalisant les expériences et en lisant les explications s'y rapportant, vous acquérez les connaissances de base en électricité qui vous seront utiles tout au long de la vie courante. N'ayez pas peur d'expérimenter. Les résultats d'une expérience valent mieux que l'opinion d'un millier d'experts. Testez donc toutes vos idées! Si une expérience ne donne pas le résultat escompté, ne soyez pas découragé. En ayant trouvé et résolu le problème, vous aurez appris quelque chose de nouveau et d'utile que vous pourrez mettre à profit lors de nouvelles expériences.

Toutes les expériences proposées dans ce manuel ont été conçues de manière à ne pas vous blesser, ni causer le moindre dommage à votre entourage à l'exception de menues égratignures aux doigts. Ce manuel décrit un nombre appréciable d'expériences différentes. Certaines sont tellement simples, qu'elles ne nécessitent aucune explication. D'autres sont compliquées et, il se peut que vous ne soyez pas à même de comprendre directement et complètement comment elles fonctionnent. Après une étude plus approfondie, vous serez capable d'élaborer et de réaliser facilement les expériences, même les plus difficiles. Cependant, si une expérience vous pose un réel problème et une quelconque frustration, n'hésitez pas à la laisser provisoirement pour y revenir ultérieurement. La diversité des expériences donne à chacun l'occasion d'apprendre plus sur le sujet.

De plus, la description détaillée des expériences et leur fonctionnement contenus dans ce manuel pourraient s'avérer très utiles dans vos activités scolaires.

CHERS PARENTS!

En achetant ce manuel, vous entrez dans l'univers de l'électricité avec votre enfant. Si vous vous sentez à l'aise avec ce sujet, offrez à votre enfant : soutien et stimulation. Si ce domaine ne vous est pas familier, n'hésitez pas à vous y consacrer avec votre savant "en herbe". C'est un univers plein de révélations pour les électriciens novices de tout âge.

AVIS AUX PARENTS

AVANT L'UTILISATION, L' ENFANT DOIT LIRE LES INSTRUCTIONS ET LES RESPECTER SCRUPULEUSEMENT. LA BOITE EST DESTINEE AUX ENFANTS A PARTIR DE 9 ANS. POUR DES RAISONS DE SECURITE , TOUTES LES EXPERIENCES ONT ETE CONCUES POUR FONCTIONNER SUR PILE. (9 V IEC 6LR61). SEULES LES EXPERIENCES PRECISEMENT DECRITES PEUVENT ETRE EXECUTEES. IL EST SOUHAITABLE QUE LES EXPERIENCES SE DEROULENT EN PRESENCE D'UN ADULTE. CONSERVER CES INFORMATIONS POUR TOUTE UTILISATION ULTERIEURE.

EN 71 : Aimant

AVERTISSEMENT : Ne convient pas aux enfants de moins de 8 ans. Ce produit contient un petit aimant avec un flux magnétique de plus de 50 KG2mm. S'ils sont avalés, les aimants peuvent s'attacher les uns aux autres à travers la paroi intestinale et causer de graves blessures. Consultez immédiatement un médecin si un(des) aimant(s) sont avalés.

EN 62115 : AVERTISSEMENT : Utilisation exclusivement réservée aux enfants âgés de 8 ans et plus. Les instructions destinées aux parents sont fournies avec le produit et doivent être respectées. Ce produit contient un fil libre. Les fils ne doivent pas être insérés dans les prises de courant. Expérience 97 : L'augmentation de température de la résistance lors de l'expérience 97 dépasse la limite, mais les instructions n'ont pas signalé de dangers possibles et ne contiennent pas d'avertissement. Il ne faut pas toucher directement la surface chaude des parties accessibles pendant et après l'expérience, comme la surface de la résistance, les piles, l'aération et les autres composants électroniques. Assurez-vous que la température a diminué, faute de quoi il peut y avoir un risque d'incendie. L'emballage doit être conservé car il contient des informations importantes.

Ne pas utiliser des piles rechargeables (c'est-à-dire nickel cadmium). Ce Jouet doit être alimenté uniquement avec les piles prescrites. Des piles alcalines sont recommandées avec note supplémentaire "verte". Prenez soin d'insérer vos piles correctement, en respectant les signes ("+" et "-"). Indiquées sur l'appareil et sur la pile. Changez toutes les piles. Mélangez pas différents types de piles (par ex. alcaline et autres...) ou des piles neuves avec des piles déjà usées. Le remplacement des piles doit être effectué par un adulte. Les piles épuisées ne doivent pas rester dans le logement de piles. Si l'on prévoit une longue période d'inutilisation, enlever les piles. Ne stocker jamais les piles avec des instrument métalliques (risque de feu ou d'explosion). Ne rechargez pas les piles non-rechargeables. Les piles rechargeables doivent être sorties du jouet pour être rechargées. Les piles rechargeables doivent être rechargées sous la surveillance d'un adulte. Ne pas jeter les piles usagées dans la nature ou dans le feu. Placer les piles vides dans des conteneurs adéquats. Ne pas mettre les bornes d'alimentation en court-circuit. Les courbes des câbles installés est possible qu'ils sont différentes des couleurs démontrées dans les guides d'usage.

INTRODUCTION

Cette brochure comprend 153 expériences et descriptions théoriques. La boîte contient tous les accessoires nécessaires pour leur exécution, à l'exception de ceux que l'on trouve dans tout ménage comme, par exemple: une feuille de bloc-notes, un morceau de papier, un peigne, un crayon en bois, un verre d'eau, une épingle, poinçon, du papier aluminium, du fil de coton, des clous, des allumettes, du carton, des aiguilles, une canette, du polystyrène expansé (ou autre), des aiguilles à tricoter (enfer), une bougie, un canif, une carte d'Europe, un règle en bois, un livre, un marteau, un récipient avec de l'eau, des bouchons, un tableau en bois, du fil de fer, du sel, du sable, des mines de \varnothing 0,5 ou plus ou fusain, une plaquette de fer de 40 x 5 mm, un élastique, un montre, un dossier, de la ficelle, un pot de yoghurt en plastique, une pièce de monnaie.

La boîte est destinée aux garçons et filles à partir de 9 ans. Elle convient pour une activité individuelle ou en groupe et peut être utilisée efficacement dans les écoles primaires, bien qu'elle ait été destinée initialement aux activités à option.

De ce fait, quelques expériences nécessitent l'achat ou l'emprunt d'autres éléments:

- l'ampoule n°35 (voir pg 27) de 12V/0,05 A pas de vis E10 (1 en plus pour l'expérience n°87, 2 en plus pour l'expérience n°89 et 90)
- soquet n°14 (1 en plus pour n°87, 2 en plus pour l'expérience n°89 et 90)
- fils électriques n°33 pour connecter les piles (1 en plus pour n°91, 110 et 140 - 2 en plus pour n°92)

INSTRUCTIONS GENERALIS

- toutes les pièces de la boîte sont répertoriées, illustrées et numérotées à la dernière page.
- avant de commencer les expériences, il faut se procurer une pile plate de 9 V (IEC 6LR61).
- chaque description des expériences comporte le n° des pièces nécessaires dans l'ordre de leur utilisation.
- avant de commencer une expérience, il est conseillé de disposer les pièces nécessaires sur la table, dans l'ordre d'assemblage.
- lorsque l'expérience est terminée, ranger correctement les accessoires dans la boîte.

COMMENT REALISER LES EXPERIENCES

Chaque expérience porte un numéro d'ordre. Il n'est pas obligatoire de suivre cet ordre, quoique ce soit préférable. Nous donnons ci-dessous, à titre d'exemple, le déroulement de l'expérience avec la sonnette électrique décrite à la figure 130/131. A la fin du texte, sont repris les numéros des accessoires pour réaliser la sonnette électrique. La liste de ces accessoires et leur illustration figurent à la fin du fascicule. Dans notre exemple, il s'agit des n°: 5-6-7-8-11-12-13-16-17-25-28-31-33 etc. Selon cette énumération, nous préparons et disposons sur la table, les éléments suivants:

4 x 7 = attache- ressort	12 = l'axe avec l'écrou	3 x 28 = equerre simple 25 x 25 mm
8 = socle en matière plastique	13 = la cloche	31 = le marteau
6 x 5 = les vis	16 = noyau en fer doux	33 = câbles avec 2 fiches
13 x 6 = les écrous	17 = cadre pour noyau	
11 = bobinage	25 = longue vis M4 x 20	

- 2 x 5 - signifie que nous avons besoin de deux pièces indiquées par le numéro 5.
- (20) - le chiffre entre parenthèses signifie que nous avons besoin des mêmes éléments que ceux énumérés à l'expérience 130.

Exemple: Avec la vis et l'écrou, nous fixons l'équerre sur le socle en plastique. Ensuite le noyau est fixé à son cadre et le bobinage sur le noyau, etc. Toutes les pièces doivent être attachées soigneusement et fermement les unes aux autres. Si l'appareil ne se mettait pas immédiatement en marche, il faudrait rechercher et éliminer les erreurs. Les expériences électrostatiques réussiront le mieux lorsque le temps est sec, particulièrement en hiver. Les mains aussi doivent être sèches.

Nous vous souhaitons beaucoup de plaisir et de satisfactions au cours de vos expériences.

EXPERIENCES ELECTROSTATIQUES

1. PAPIER CHARGÉ D'ÉLECTRICITÉ.

Nous retirons une page d'une farde et nous la laissons bien sécher auprès du radiateur ou d'une source de chaleur. Nous la déposons ensuite sur la farde et nous la frottons énergiquement avec la main (fig.1). Si, de la main gauche, nous soulevons alors la feuille de papier et que nous approchons, par en dessous, le dos de la main droite, une étincelle électrique jaillira entre celle-ci et la feuille de papier.

Accessoires nécessaires: une feuille de papier.

2. L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE (FOUDRE).

Nous posons au bord de la table la plaquette de polyvinyl et nous la frottons énergiquement de la main (il faut que celle-ci soit sèche) ou avec du papier-journal. Nous soulevons alors la plaquette d'une main, et nous approchons un doigt de l'autre main (fig. 2). Entre la plaquette et le doigt jaillit une étincelle électrique que nous pouvons entendre, dont nous pouvons percevoir l'odeur et que nous pouvons même voir dans l'obscurité. Cette étincelle, que nous tirons de la plaquette de polyvinyl, ne se distingue pas essentiellement de celle produite par la foudre. La seule différence est que notre expérience ne produit qu'une petite étincelle, tandis que celle de la foudre a une puissance fantastique.

Accessoires nécessaires: 26

3. PRODUIRE DE L'ÉLECTRICITÉ AU MOYEN DE LA LAINE.

Si, ayant aux pieds des chaussures à semelles de caoutchouc, nous marchons pendant un certain temps sur un tapis de laine ou de soie, notre corps se charge d'électricité. Si, immédiatement après, nous touchons un tuyau d'eau ou une autre pièce métallique reliée à la terre, une étincelle jaillit entre cette pièce et nous.

De même, lorsque nous nous peignons, le peigne et nos cheveux se chargent d'électricité. Il en est de même pour la peau du chat, lorsque nous le caressons. Nous pouvons aussi entendre des crépitements électriques lorsque nous retirons des vêtements en fibres synthétiques. Ceci n'est évidemment pas aussi grave que les étincelles qui peuvent se produire dans les dépôts à la suite du frottement des liquides dans les tuyauteries. Il y a aussi la friction que l'air produit sur la surface de l'avion qui, lui aussi, se charge d'électricité. C'est ainsi que le dirigeable "Hindenburg" a pris feu et fut détruit à la suite d'une étincelle d'électricité statique. Il y a des dangers de ce genre dans les fabriques de papier ou de caoutchouc et partout où la transmission de force se fait au moyen de courroies en cuir ou en caoutchouc.

Accessoires nécessaires: peigne

4. COLLAGE ÉLECTROSTATIQUE.

Lorsqu' en hiver, quand la maison est chauffée, on prend une feuille de papier journal, on la laisse sécher à fond devant le foyer ou sur un radiateur et, ensuite, on l'étale sur le mur et on la frictionne vigoureusement, elle restera longtemps collée au mur. En la frottant, nous l'avons chargée de courant électrostatique, ce qui provoque son adhésion au mur.

Accessoires nécessaires: du papier-journal.

5. TOILE D'ARAIGNÉE ÉLECTRIQUE.

Comme dans l'expérience n.1, nous chauffons une feuille de papier, nous la posons sur la farde et nous la frottons énergiquement. Nous soulevons alors la feuille de papier et nous l'approchons de la figure (fig.5). Nous avons l'impression de passer avec la figure dans une toile d'araignée. En frottant le papier, celui-ci s'est chargé d'électricité statique, ce qui fait hérissier les petits poils de la peau, produisant l'effet décrit cidessus.

Accessoires nécessaires: une feuille de papier.

6. DES CORPS CHARGÉS D'ÉLECTRICITÉ STATIQUE S'ATTIRENT.

Nous posons l'un sur l'autre, se croisant à angle droit, 2 crayons hexagonaux en bois. Nous approchons d'une des extrémités du crayon supérieur la plaquette en polyvinyl que nous avons préalablement frictionnée de la main ou avec du papier-journal. A la place du crayon supérieur, nous pouvons aussi utiliser une règle ou une baguette. Le crayon ou la règle est attiré par la plaquette.

Déjà 600 ans avant notre ère, les Grecs avaient remarqué que l'ambre (en grec "Electron") frictionné avec la main ou avec un morceau de tissu attirait d'une façon remarquable de légers corps étrangers.

Dans des expériences ultérieures nous verrons comment, en frottant différents matériaux l'un contre l'autre, nous les chargeons tous les deux d'électricité statique.

Accessoires nécessaires: 26 et deux crayons.

7. LES MÉTAUX AUSSI PEUVENT ÊTRE CHARGÉS D'ÉLECTRICITÉ STATIQUE

Comme dans l'expérience précédente, nous posons l'un sur l'autre deux crayons hexagonaux en bois. Nous frottons la partie métallique de la petite pelle sur la plaquette de polyvinyl. Ensuite nous approchons cette partie métallique d'une extrémité du crayon supérieur (fig. 7). Il est évident que nous devons tenir la pelle par son manche en plastique. La plaque métallique chargée d'électricité attire le crayon. Ceci est la preuve que des métaux peuvent également être chargés électrostatiquement. Plus tard, nous apprendrons pourquoi la petite pelle possède un manche en plastique.

Accessoires nécessaires: 26, 27 et deux crayons.

Fig. 1



Fig. 2

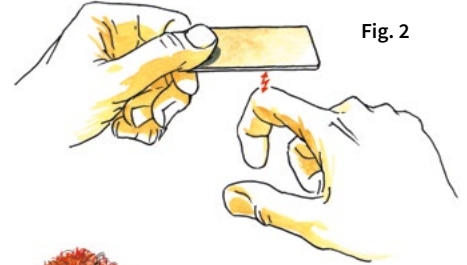


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

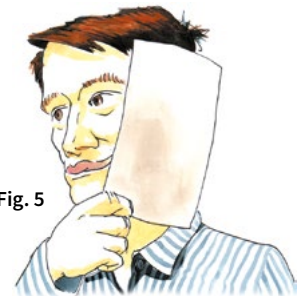


Fig. 6

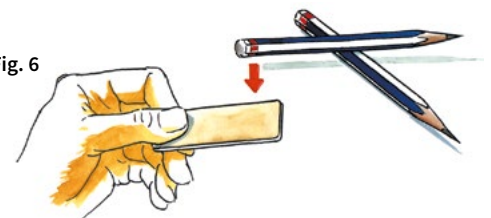
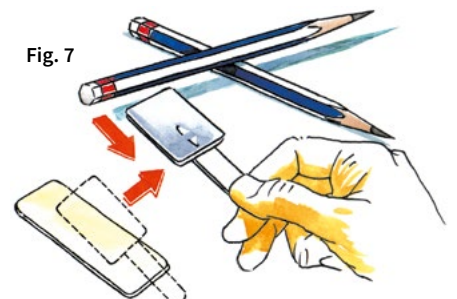


Fig. 7



8. DES CORPS CHARGÉS D'ÉLECTRICITÉ STATIQUE PEUVENT AUSSI SE REPOUSSER.

Nous posons maintenant les 2 crayons en bois sur le socle en matière plastique (fig. 8). Comme dans l'expérience précédente, après frottement, la pelle attire le crayon. Ensuite, nous chargeons à nouveau la pelle et nous remarquons que, maintenant, elle repousse le crayon. Dans toutes les expériences précédentes, nous avons vu des corps s'attirer l'un l'autre; pour la première fois, nous les voyons se repousser.

Accessoires nécessaires : 8, 26, 27 et deux crayons.

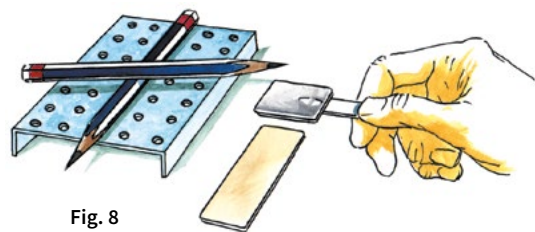


Fig. 8

9. UN CORPS CHARGÉ D'ÉLECTRICITÉ STATIQUE, PRÈS D'UN JET D'EAU.

Si nous approchons la plaquette de polyvinyl d'un fin filet d'eau (fig. 9), nous verrons que celui-ci est attiré et dispersé par la plaquette.

Accessoires nécessaires : 26, un verre d'eau

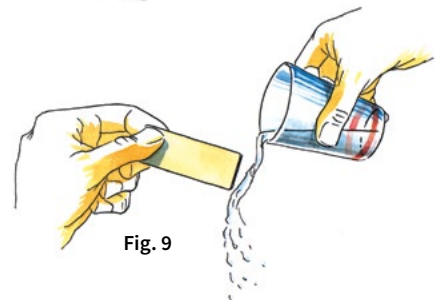


Fig. 9

10. QUAND DEUX CORPS CHARGÉS D'ÉLECTRICITÉ STATIQUE S'ATTIRENT-ILS ET QUAND SE REPOUSSENT-ILS?

Afin de répondre à cette intéressante question, nous faisons les expériences suivantes:

- Nous frottons la partie métallique de la pelle sur la plaquette en polyvinyl.
- Nous posons cette dernière en équilibre sur la cloche en aluminium.
- Nous rapprochons la plaquette et la partie métallique de la pelle: les 2 pièces s'attirent (fig. 10).
- Nous électrisons le manche de la pelle en le frottant dans la main ou avec du papier. Si ensuite nous rapprochons ce manche de la plaquette, les 2 pièces se repoussent.

De cette expérience, nous pouvons déduire que les charges électriques peuvent être différentes et qu'il en résulte soit une attraction, soit une répulsion.

Accessoires nécessaires : 13, 26, 27.

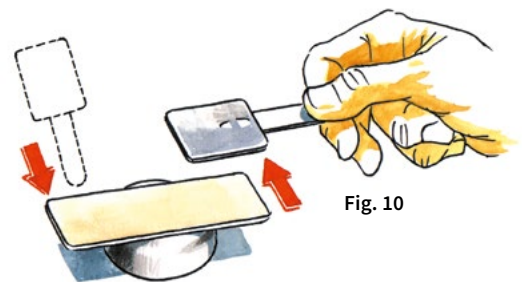


Fig. 10

11. UN ÉLECTROSCOPE SIMPLIFIÉ.

En suivant les indications de la fig. 11, nous rassemblons les éléments. Sur le socle en plastique, nous élevons la colonne en fer qui supporte un léger balancier de papier, découpé dans un morceau de papier 140 mm x 12 mm, et plié en deux dans le sens de sa longueur. Une épingle nous servira de pivot puisque nous avons transpercé le balancier avec celle-ci légèrement au dessus du centre de gravité. L'électroscope est conforme, si le balancier est pendu perpendiculairement et si, s'écartant de cette position, il commence légèrement à osciller.

Accessoires nécessaires : 3 x 5, 3 x 6, 8, 20, 2 x 28, 29, punaise, balancier.

Fig. 11

12. LE POLYVINYL CHARGÉ D'ÉLECTRICITÉ STATIQUE ATTIRE LE BALANCIER DE L'ÉLECTROSCOPE.

Nous frottons la plaquette de polyvinyl soit avec la main, soit avec du papier; ensuite, nous l'approchons du balancier de l'électroscope (fig. 12). La plaquette attire le balancier. La même expérience peut être faite avec un peigne, un morceau de verre ou un bâton de cire à cacheter à condition de les frotter préalablement sur votre manche. Ces différents articles et beaucoup d'autres encore attireront le balancier à condition de les frictionner préalablement, car ceci les charge d'électricité statique.

Accessoires nécessaires : (11), 26.

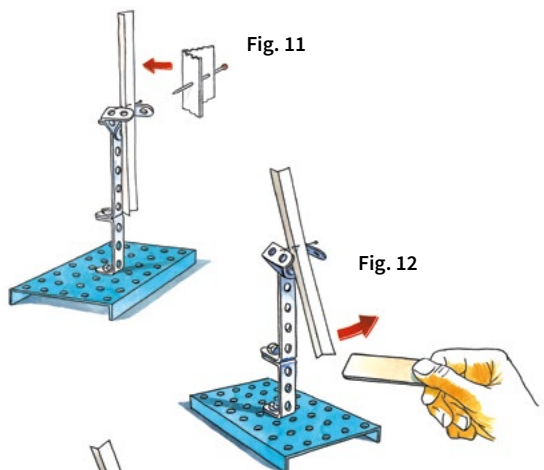


Fig. 12

13. TOUS LES CORPS ÉLECTRISÉS STATIQUEMENT ATTIRENT LE BALANCIER DE L'ÉLECTROSCOPE.

Nous faisons à nouveau l'expérience n.12 mais cette fois-ci avec la pelle n.26. Nous la tenons par le manche et nous frottons la partie métallique sur la plaquette en polyvinyl. Celle-ci attirera aussi le balancier. Ensuite nous enveloppons la pelle avec un papier ou un chiffon; nous la frottons ainsi sur la plaquette. Après l'avoir débarrassée, nous présentons à nouveau la pelle et le balancier revient aussitôt. Le papier et le chiffon ont également été chargés d'électricité statique. De tout ceci, nous pouvons déduire que les corps sur lesquels nous frottons s'électrisent aussi bien que ceux au moyen desquels nous frottons.

Accessoires nécessaires : (11), 26, 27, un morceau de papier et de tissu.

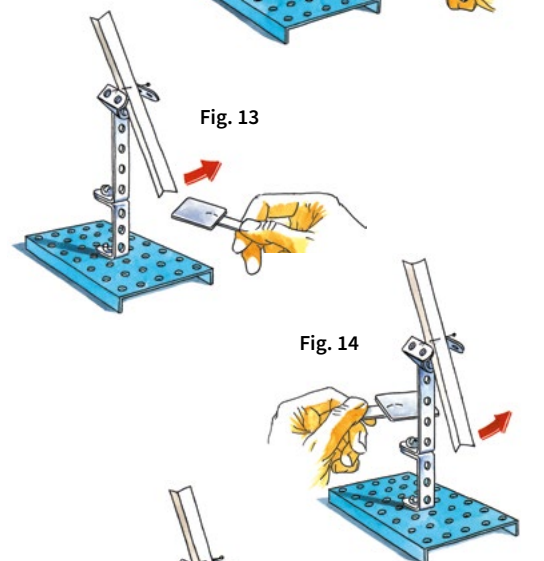


Fig. 13

14. CHARGEMENT DE L'ÉLECTROSCOPE.

Nous posons la plaquette de polyvinyl sur le bord de la table et nous la frottons en appuyant légèrement au moyen de la partie métallique de la pelle. Celle-ci est ensuite mise en contact avec la colonne de l'électroscope (fig. 14). Le balancier s'écarte et reste dans cette position. Si nous répétons plusieurs fois la même opération, le balancier s'écartera toujours davantage: le chargement électrostatique augmente.

Accessoires nécessaires : (11), 26 et 27.

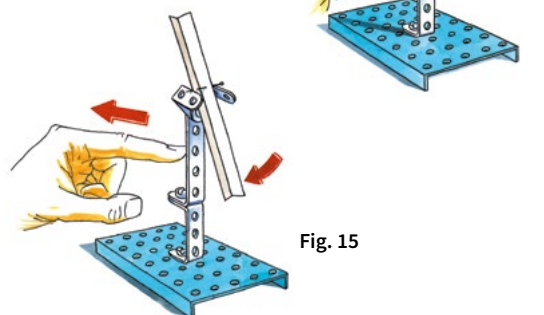


Fig. 14

15. DÉCHARGEMENT DE L'ÉLECTROSCOPE.

Du bout du doigt, nous touchons la colonne de l'électroscope chargé (fig. 15). Aussitôt le balancier retombe à sa position normale. Les électrons, porteurs de la charge électrostatique, ont été conduits à la terre à travers notre corps. Le chemin inverse est également possible. Dans des expériences précédentes, nous avons constaté que des matériaux quelconques peuvent être électrisés en les frottant au moyen de la plaquette de polyvinyl. Est-ce que nos mains peuvent également être chargées d'électricité statique?

Accessoires nécessaires : (11).

16. CHARGEMENT PROGRESSIF DE L'ÉLECTROSCOPE.

- nous posons la plaquette de polyvinyl sur la table et nous la frottons vigoureusement soit avec la main, soit avec du papier.
- nous posons sur la plaquette la partie métallique de la pelle que nous tenons par le manche.
- avant de relever la pelle, nous touchons la partie métallique avec un doigt.
- nous touchons ensuite le balancier de l'électroscope avec la partie métallique de la pelle. Aussitôt le balancier s'écarte.

Nous recommençons plusieurs fois la succession b), c) et d). Le balancier s'écarte de plus en plus, ce qui prouve que le chargement électrostatique augmente. L'ensemble formé par la pelle et par la plaquette de polyvinyl s'appelle un électrophore.

Accessoires nécessaires : (11), 26, 27.

17. DÉCHARGEMENT PROGRESSIF DE L'ÉLECTROSCOPE.

Nous avons vu ci-dessus comment on chargeait l'électroscope et nous avons laissé celui-ci avec son balancier fortement dévié. Si maintenant, nous prenons la pelle par le manche et que nous touchons avec la partie métallique successivement notre corps et ensuite la colonne de l'électroscope, le balancier reviendra légèrement. Chaque fois que nous ferons cette opération, le balancier descendra un peu plus.

Accessoires nécessaires ; (11), 26 et 27.

18. CONDUCTEURS ET ISOLATEURS.

Nous chargeons l'électroscope au moyen de l'électrophore (expérience n.16). Ensuite nous touchons la colonne successivement avec le manche non frictionné de la pelle, avec un crayon, avec du papier et avec la plaque de cuivre. Nous continuons l'expérience avec différents autres matériaux contenus dans la boîte. Que remarquons nous? Lorsque l'approche se fait avec du polyvinyl, du verre sec, de la porcelaine, de la cire à cacheter, etc, le balancier ne bouge pas. La cause réside dans le fait que tous ces matériaux sont isolants. Par contre, les métaux sont de bons conducteurs d'électricité, de même que notre corps, les crayons ou le papier humide.

Accessoires nécessaires : (11), 24, 26, 27 et divers autres matériaux.

19. CORPS CHARGÉS D'ÉLECTRICITÉ POSITIVE OU NÉGATIVE.

Nous chargeons à nouveau l'électroscope au moyen de l'électrophore. Si ensuite nous approchons la pelle du balancier, celui-ci s'en écartera. Par contre, si nous approchons la plaquette de polyvinyl, celle-ci attire le balancier.

Nous constatons donc que des corps peuvent être électrisés de façon différente. Dans le cas qui nous occupe, la pelle métallique et l'électroscope étaient positifs, tandis que la plaquette en polyvinyl était négative. Des objets électrisés de même polarité se repoussent tandis qu'ils s'attirent s'ils sont de polarité opposée.

Accessoires nécessaires : (11), 26 et 27.

20. LE PENDULE ÉLECTRIQUE.

Nous construisons un pendule électrique afin de faire quelques nouvelles expériences intéressantes. Il nous faut pour cela : une boule de sureau ou de polystyrène expansé (1), un fil de coton (2), un petit tube en papier placé verticalement (3), un fil de fer plié en équerre (4) et un second petit tube en papier placé horizontalement (5).

Si on ne dispose pas d'une boule de sureau ou de polystyrène expansé (environ 1 cm de diamètre), on la remplace par un manchon fabriqué avec du papier d'argent. Nous prenons pour cela, une feuille de papier d'argent de 3 cm x 5 cm, nous la roulons autour d'un crayon, en veillant à ce qu'une partie dépasse d'un côté; nous rabattons celle-ci en la tordant pour nous permettre d'y nouer le fil de coton.

Les tubes en papier sont réalisés au moyen d'une feuille de papier (90x100 mm) enduite de colle et roulée sur une grosse aiguille à tricoter; nous retirons celle-ci avant que la colle ne prenne en évitant qu'elle ne se déroule au moyen d'un élastique ou de papier adhésif et nous laissons sécher le tout. Une des extrémités d'un tube est fixée sur le socle au moyen de la longue vis glissée dans le tube et tenue en place par un écrou. L'équerre est faite au moyen d'un clou ou d'un bout de fil de fer.

Accessoires nécessaires : 2 x 6, 8, 9, 12, papier, papier aluminium, fil de coton, du fil de fer

21. EXPÉRIENCES AVEC LE PENDULE ÉLECTRIQUE.

- nous approchons du pendule la plaquette en polyvinyl, chargée électrostatiquement. La plaquette attire le pendule et le repousse aussitôt. Ensuite il ne se laisse plus attirer.
- nous touchons le pendule de la main et ensuite on en approche la pelle métallique. Celle-ci aussi attire le pendule et le repousse aussitôt.

Comment pouvons nous expliquer ce phénomène?

La plaquette de polyvinyl est chargée négativement. Elle attire la boule de sureau qui de cette façon s'électrise aussi négativement, provoquant la répulsion. La pelle métallique est chargée positivement ; à l'approche du pendule, celui-ci devient aussi positif et ils se repoussent. Ceci est encore une preuve que des corps électrisés de même polarité se repoussent.

Accessoires nécessaires : (20), 26 et 27.

22. DES CORPS DE POLARITÉ CONTRAIRE S'ATTIRENT.

Pour cette expérience, nous avons besoin de 2 pendules. Le second pendule est construit comme le premier (voir expérience n.20) mais on lui donne la cloche comme base. Nous gardons les pendules à l'écart l'un de l'autre et donnons à l'un une charge positive tandis que l'autre reçoit une charge négative. Lorsqu'on les rapproche lentement, on s'aperçoit que les boules s'attirent. Si elles se touchent, elles se déchargent et ne s'attirent plus.

Nous en tirons les 2 conclusions suivantes :

- des corps chargés de polarité opposée s'attirent ;
- des charges positives et négatives de même puissance s'annulent.

Accessoires nécessaires : (20), 6, 13, 25, 26, 27, papier, papier aluminium et du fil

Fig. 16

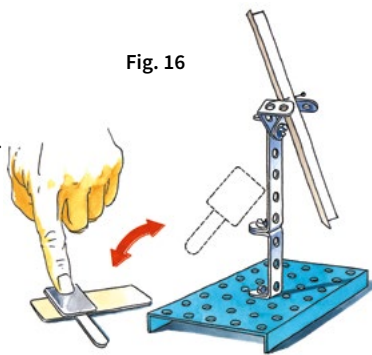


Fig. 17

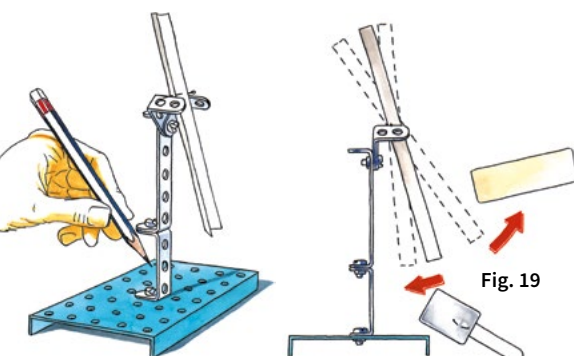
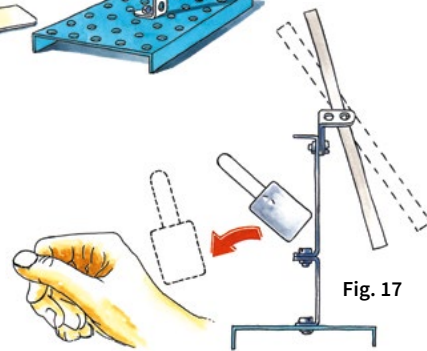


Fig. 18

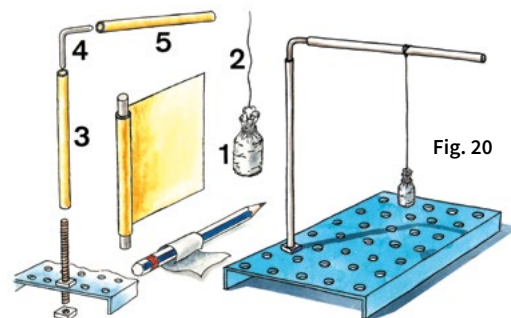


Fig. 20

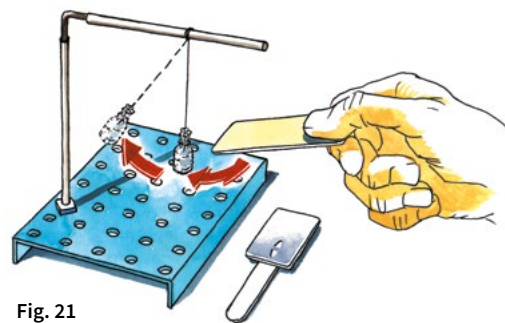


Fig. 21

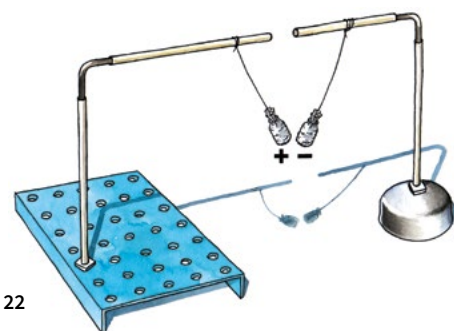


Fig. 22

23. ELECTROSCOPE À FEUILLES.

Afin de continuer nos expériences sur l'électricité statique, il nous faut un nouvel instrument : l'électroscope à feuilles.

Sur le centre du socle en plastique, nous fixons la cloche avec une vis et un écrou. La longue vis, la tête en dessous et bloquée sur l'équerre double au moyen d'un écrou, maintient la cloche. Sur la partie de la vis qui dépasse par au dessus, nous glissons un tube de papier recouvert de papier d'argent et long d'environ 90 mm. La façon de fabriquer ce tube est décrite à l'expérience n.20. A la partie supérieure du tube, nous fixons 2 petits supports (voir b de la fig. 23) réalisés avec du fil de cuivre de 0,3 mm de diamètre.

Chaque support forme au dessus un rectangle de 5 mm x 10 mm. Les petites feuilles de l'électroscope doivent être faites avec du fin papier de 8 mm x 70 mm. Il faut les fixer aux supports de la façon indiquée au croquis de détail de la fig. 23. La flèche indique l'endroit où la petite feuille est repliée et collée sur elle-même.

Accessoires nécessaires : 5, 2 x 6, 8, 13, 20, 25, 36, papier et papier aluminium.

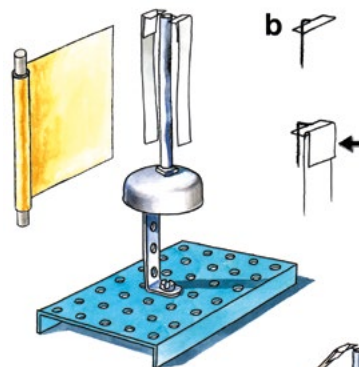


Fig. 23

24. DE L'ÉLECTRICITÉ TIRÉE D'UNE BOITE D'ALLUMETTES.

Sur la pelle, que nous tenons par le manche, nous glissons le couvercle d'une boîte d'allumettes afin de le frotter sur la plaquette en polyvinyl. Nous rapprochons ensuite la boîte d'allumettes de l'électroscope (fig. 24). Les petites feuilles de celui-ci s'écartent violemment. Dès que, de notre main, nous touchons l'électroscope, les petites feuilles retombent. La même expérience peut être faite en enveloppant le manche de la pelle dans du papier, dans un chiffon, dans de la fourrure, avant de la frotter sur la plaquette de polyvinyl. Les résultats sont les mêmes. Pour finir, nous pouvons encore faire l'essai avec une baguette de verre frottée sur de la laine ou sur de la soie.

Accessoires nécessaires : (23), 26, 27, une boîte d'allumettes.

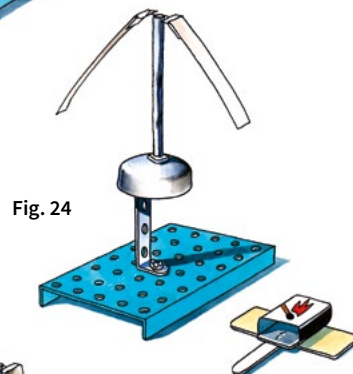


Fig. 24

25. CAPACITÉ DE CHARGE ET DE DÉCHARGE.

Nous enveloppons l'extrémité du manche de la pelle avec du papier d'argent. (voir détail "a") De cette façon, nous avons 2 extrémités métalliques : une grande et une petite (fig. 25). Nous chargeons l'électroscope en suivant le procédé décrit au n.16, jusqu'à ce que les petites feuilles de papier soient complètement écartées. Ensuite, nous touchons l'électroscope avec le bout du manche de la pelle en papier d'argent : les petites feuilles redescendent légèrement. Après avoir touché de la main le bout du manche, nous approchons à nouveau celui-ci de l'électroscope. A chaque mise en contact, les petites feuilles descendent un peu plus, jusqu'à retomber complètement. Ensuite, nous rechargeons l'électroscope et nous faisons la même expérience avec la pelle elle-même. La descente s'accélère sensiblement. Laquelle des 2 extrémités possède la plus grande capacité?

Accessoires nécessaires : (23), 26, 27, et papier aluminium

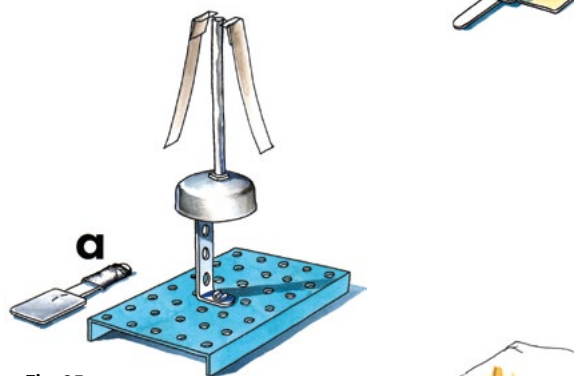


Fig. 25

26. IONISATION DE L'AIR.

D'abord, nous chargeons l'électroscope jusqu'à écartement maximum des petites feuilles de papier. Nous observons le temps pendant lequel elles maintiennent leur position. Par temps sec, surtout en hiver, elles peuvent rester écartées plusieurs heures, ce qui prouve que l'air est un bon isolant. Par contre, par temps humide, les petites feuilles redescendent plus rapidement. Ensuite nous chargeons à nouveau l'électroscope et nous approchons avec précaution une allumette allumée (il faut veiller à ne pas mettre le feu aux petites feuilles de papier). Elles se referment aussitôt. Sous l'influence de la flamme (chaleur) les molécules de l'air se meuvent tellement vite qu'elles s'ionisent mutuellement, c. à. d. qu'elles se chargent ou se déchargent d'électrons. L'air s'ionise et, ainsi que nous l'avons vu, l'air ionisé n'est pas un bon isolant. C'est pour cela que la foudre tombe souvent sur un feu en plein air.

Accessoires nécessaires : (23), 26, 27 et allumettes.

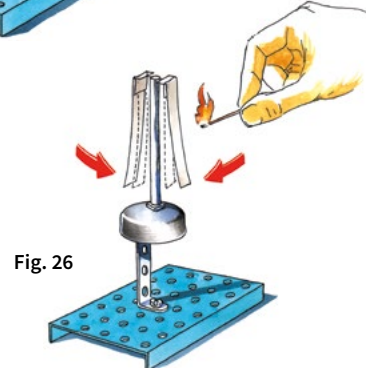


Fig. 26

27. LE CHAMP ÉLECTRIQUE.

Dans un carton d'épaisseur moyenne, nous découpons un panneau de la grandeur de la plaquette de polyvinyl contenue dans la boîte. L'une étant posée sur l'autre, nous frottons le polyvinyl avec la main ou avec du papier et nous le soulevons. Que remarquons-nous? En même temps que le polyvinyl, nous avons soulevé le carton quoique celui-ci soit relativement lourd. Par le frottement, la plaquette de polyvinyl s'est chargée négativement. Par suite de la proximité de ce chargement négatif, le carton s'est chargé positivement. Comme les corps de polarité opposée s'attirent, les 2 plaques adhèrent l'une à l'autre et nous pouvons éprouver cette attraction en tentant de les séparer (fig. 27). Entre les 2 plaques s'est créé un champ électrique.

Accessoires nécessaires : 26 et assiette du carton.

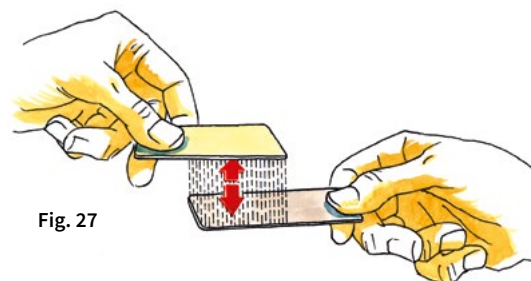


Fig. 27

28. LIGNES DE FORCE ÉLECTRIQUES.

Sur le bord de la table, nous posons la plaque de carton et, en dessous d'elle un fil à coudre assez long. Nous posons la plaquette de polyvinyl sur le carton et nous la frottons avec la main ou avec du papier. Ensuite, tout en maintenant le carton sur la table avec une main, nous soulevons la plaquette de polyvinyl d'environ 6 à 8 cm avec l'autre main. Nous sentons une certaine résistance et les extrémités du fil à coudre se soulèvent en direction du polyvinyl. Dans le champ électrique situé entre les 2 plaques, se produisent des lignes de force électriques qui provoquent l'attraction du fil.

Accessoires nécessaires : 26, morceau du carton et du fil.



Fig. 28

29. LE CONDENSATEUR.

Sur le bord de la table, nous plaçons la plaquette de polyvinyl chargée et, par dessus, nous posons l'électroscope. Les petites feuilles de papier ne s'écartent pas quoique la plaquette soit chargée. Pourquoi ? Parce que le polyvinyl est chargé négativement. La table possède un chargement positif qui attire les petites feuilles de papier qui elles-mêmes sont négatives. Si nous soulevons de 8 à 9 mm la plaquette de polyvinyl avec l'électroscope, la charge positive de la table diminue; la charge négative de la plaquette prend le dessus et les petites feuilles de papier s'écartent. La table chargée positivement et la plaquette de polyvinyl chargée négativement forment un condensateur.

Les expériences n.27 et 28 correspondaient également au principe du condensateur.

Accessoires nécessaires : (23), 26, 27.

30. DÉTERMINATION DES PÔLES AU MOYEN D'UNE LAMPE AU NÉON.

L'électroscope étant chargé négativement, nous en approchons un tournevis d'essai contenant une lampe au néon. Les petites feuilles de papier se referment et une des extrémités de la lampe s'éclaire. Si, par contre, l'électroscope est chargé positivement, ce sera l'autre extrémité de la lampe qui s'éclairera. On trouve des tournevis à lampe au néon dans les trousseaux d'essai des installations électriques. Si on met le tournevis en contact avec le courant d'éclairage, les 2 extrémités de la lampe s'éclaireront parce que ce courant est alternatif. Remarque : L'expérience doit être réalisée dans une pièce suffisamment sombre.

Accessoires nécessaires : (23), 26, 27 et une lampe de poche (non incluse).

31. TRAVAIL DES ÉLECTRODES À POINTE.

Nous engageons une aiguille ou un morceau de fil de fer dans le haut de l'électroscope et nous en approchons la pelle chargée positivement, en veillant particulièrement à ce qu'ils ne se touchent pas. Les petites feuilles de papier s'écartent quoiqu'il n'y ait eu aucun contact. Si ensuite, sans la toucher, nous approchons de l'aiguille de l'électroscope une autre aiguille ou fil de fer que nous tenons en main, l'électroscope se déchargera graduellement quoiqu'il n'y ait eu aucun contact direct. Nous pouvons en tirer la conclusion que les électrons passent d'un corps à l'autre par l'intermédiaire des pointes des aiguilles non mises en contact. Il est un fait que ce genre d'électrodes à pointe facilite beaucoup certains problèmes techniques. Par exemple, dans les fabriques de papier, l'électricité statique résultant du frottement du papier provoque un collage des feuilles; on élimine cet inconvénient en installant des électrodes à pointe qui conduisent l'électricité statique à la terre. Le même système est utilisé pour les avions, afin d'éliminer l'électricité statique provoquée par le frottement de l'air. Les paratonnerres portent également des pointes pour la protection contre la foudre (décharge soudaine de l'atmosphère terrestre).

Accessoires nécessaires : (23), 26, 27, et une aiguille.

32. LE PARATONNERRE.

Le paratonnerre se compose d'une barre de fer terminée par une pointe. Du pied de la barre de fer part un gros câble en cuivre ou en aluminium (on utilise aussi des bandes de zinc) qui va vers la terre où il est fixé à une plaque de métal enterrée ou à une conduite d'eau. Si un nuage chargé d'électricité statique s'approche de la maison, celle-ci se charge électriquement par induction d'une polarité opposée à celle du nuage. Entre ce dernier et la maison s'établit un puissant champ électrique (condensateur). Par l'effet des électrodes à pointe, les électrons passent du nuage vers le paratonnerre et vice versa. De ce fait, les charges électriques se réduisent et le danger de la foudre s'écarte. Si, malgré tout, la décharge se faisait sous la forme d'un éclair, le courant serait détourné par les câbles de mise à la terre et cela, sans dommage pour la maison. Les grandes maisons ont des paratonnerres avec plusieurs pointes.

33. LA CAGE DE FARADAY.

Dans d'anciens livres, on trouve la légende d'un vieux roi d'un pays lointain auquel les fées prédisaient, lors de la naissance de sa fille, que celle-ci mourrait le jour de son seizième anniversaire. A l'approche de ce jour, le roi fit construire un château fortifié où l'on ne pouvait entrer que par un pont-levis. La princesse et ses serviteurs ne pouvaient en sortir qu'après son anniversaire. Mais ce jour-là, le ciel se couvrit de nuages et bien vite un violent orage éclata. Un éclair plus fulgurant que les autres pénétra dans le château et foudroya la princesse. Voilà la légende.

Pouvons-nous actuellement protéger nos maisons contre l'orage? Oui, nous le pouvons; nous avons déjà fait connaissance avec le paratonnerre dans l'expérience précédente. Toutefois il existe un système encore plus sûr : la cage de Faraday. Ce paragraphe a pour but de vous décrire son fonctionnement. Sur le socle en plastique, nous posons un petit récipient en tôle (par exemple une vieille boîte à conserve ou un godet en aluminium). A l'intérieur et à l'extérieur de notre récipient, nous collons la partie supérieure de plusieurs lamelles de papier mince (la fig. 33 n'en montre que 2). Nous touchons notre récipient (notre "cage") avec la pelle chargée électriquement : les lamelles de papier extérieures s'écartent tandis que les lamelles intérieures restent immobiles.

Nous pouvons répéter l'expérience autant de fois que nous voulons, la charge ne se transmet qu'aux lamelles extérieures et à elles seules. Le résultat serait le même si notre récipient était troué en plusieurs endroits ou même s'il était remplacé par une cage faite en fil de fer comme une cage pour canari.

Si nous pouvions installer une telle cage autour de notre maison, l'orage ne pourrait jamais lui causer de dégâts. La cage de Faraday est surtout utilisée pour la protection des dépôts de munitions.

Materials you will need: 8, 26, 27, a metal container, paper.

34. QUELQUES EXPÉRIENCES SUPPLÉMENTAIRES.

Au moyen d'une lame de rasoir, nous découpons quelques boules de moelle de sureau ou de polystyrène expansé; nous les posons sur la table et nous en approchons la pelle que nous avons préalablement chargée. Les petites boules commencent à danser entre la table et la pelle. A la place de boules de sureau nous pouvons aussi utiliser des cylindres en papier, voir fig. 34.

Accessoires nécessaires : 26, 27, boules de sureau ou de polystyrène expansé (non incluses) et papier.

Fig. 29

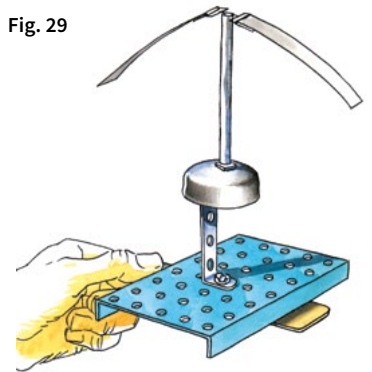


Fig. 30

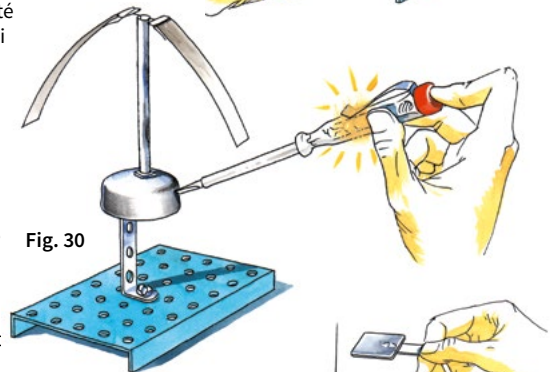


Fig. 31

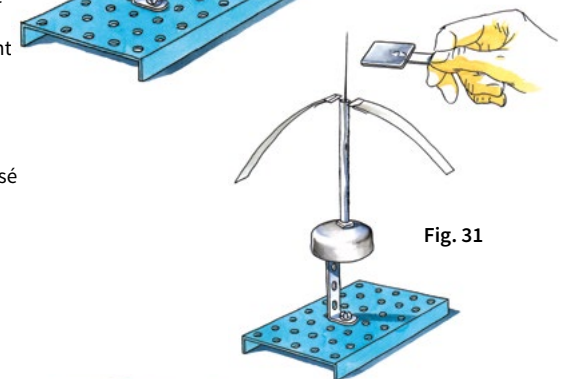


Fig. 32

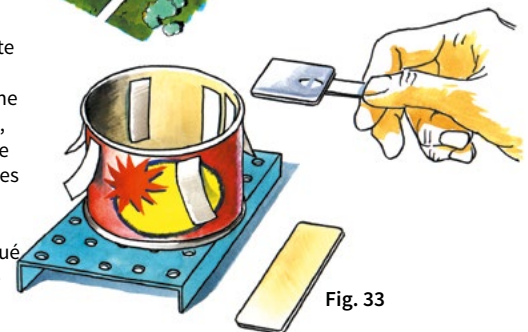


Fig. 33



Fig. 34

35. MOLÉCULES. ATOMES, ÉLECTRONS.

Toute la nature qui nous entoure est composée de différentes substances.

Un élément est une substance pure qui ne pourrait pas être séparée en deux substances différentes avec une réaction chimique. Les éléments sont faits d'atomes qui sont reliés entre eux en molécules. A ce jour, nous connaissons 109 éléments dont 92 sont naturels et les autres sont réalisés artificiellement avec des réactions nucléaires.

Quoique les atomes soient fort différents par leur composition et leur dimension, ils ont malgré tout des caractéristiques communes. Chaque atome possède en son centre un noyau lourd et compact autour duquel tournent d'une façon continue un nombre plus ou moins grand d'électrons. Le plus simple de tous est l'atome de l'hydrogène (fig. 35, à gauche). Il se compose d'un petit noyau 'J' autour duquel tourne un seul électron 'e', tout comme la lune tourne autour de la terre.

Le deuxième élément dans la série est l'hélium (fig. 35, au centre). Il se compose d'un noyau un peu plus gros, autour duquel tournent deux électrons. Le noyau du lithium, qui est entouré de 3 électrons, est encore un peu plus gros. Autour du noyau du fer, qui est sensiblement plus gros et plus lourd que celui du lithium, tournent 20 électrons; le noyau de l'or possède 79 électrons; le plomb 82; le noyau de l'uranium est entouré de 92 électrons qui gravitent autour de lui sur plusieurs orbites à des distances différentes.

Les électrons sont liés au noyau, tout comme la lune est liée à la terre et celle-ci au soleil. A certains corps, nous pouvons pendant un certain temps retirer quelques électrons de telle sorte qu'il leur en manque; ces corps sont alors chargés d'électricité positive, tandis que ceux possédant un surplus d'atomes sont chargés d'électricité négative.

La molécule est un assemblage d'au moins 2 atomes d'éléments semblables ou différents.

EXPERIENCES MAGNETIQUES

36. DEVINETTE MAGNÉTIQUE.

Dans la boîte d'expériences, nous trouvons 2 barres cylindriques. La première est blanche tandis que la seconde est noire et se termine sous forme d'une vis. Sans utiliser d'autres accessoires nous allons faire les expériences suivantes :

- laquelle des deux barres est un aimant, et laquelle n'est que du fer?
- est-ce l'aimant qui attire le fer ou est-ce le fer qui attire l'aimant?

Afin de répondre à ces 2 questions, nous allons procéder ainsi: nous déposons une des 2 barres sur la table et, au moyen de l'autre barre nous essayons de soulever la première par son milieu (dessiner le point central sur chacun des cylindres) (fig. 36). Si nous parvenons à soulever ainsi la pièce se trouvant sur la table, c'est que nous avons l'aimant en main. Si, par contre, la pièce se trouvant sur la table ne bouge pas, c'est que c'est elle qui est l'aimant... Nous verrons plus tard la raison de ce comportement. Par des essais successifs, nous pouvons constater que ce n'est pas seulement l'aimant qui attire le fer, mais que celui-ci attire également l'aimant : ils s'attirent mutuellement.

Accessoires nécessaires : 10 et 16.

37. L'AIMANT

Déjà dans l'Antiquité, les Grecs savaient que, dans les environs de la ville de Magnesia en Asie mineure (actuellement la Turquie), on trouvait un minerai qui attirait le fer. Ce minerai s'appelle la magnésite et sa puissance d'attraction : le magnétisme. Ainsi que nous le verrons plus tard, on peut fabriquer avec ce minerai des aimants synthétiques. Dans notre boîte d'expériences se trouve un aimant; toutefois, il n'a pas été réalisé au moyen de magnésite : c'est au moyen de l'électricité qu'il a été fabriqué. Cet aimant nous permet d'attirer les vis et les écrous contenus dans notre boîte, et aussi de nombreux autres objets en fer.

Accessoires nécessaires : 5, 6, 10.

38. UN AIMANT N'ATTIRE-T IL QUE LES OBJETS EN FER?

Nous posons sur la table différentes pièces prises dans notre boîte et nous essayons de les soulever au moyen de l'aimant. Quelles pièces pouvons nous soulever?

Nous pouvons soulever toutes les pièces en fer telles que : les écrous, les vis, des clous, de la tôle de fer. Par contre, tout ce qui est en zinc, en plomb, en cuivre, reste sur la table. Si nous avions des articles en nickel ou en cobalt, nous pourrions nous rendre compte que l'aimant attire également ces 2 métaux.

L'attraction la plus forte est faite par des alliages magnétiques appelés Al Ni, Al Ni Co.

L'aimant contenu dans notre boîte est en Al Ni Co qui est un alliage d'aluminium, de nickel et de cobalt.

Accessoires nécessaires : 5, 6, 10, 23, 24, et différents autres objets métalliques

39. UN AIMANT POSSÈDE 2 PÔLES.

Nous prenons une feuille de papier blanc que nous saupoudrons de limaille de fer; nous y plongeons l'aimant et nous le retirons aussitôt. La limaille s'accroche à l'aimant, mais pas d'une façon uniforme sur toute sa longueur. Les endroits où l'aimant a le plus de puissance d'attraction s'appellent les pôles. Chaque aimant possède 2 pôles. C'est là que le magnétisme est le plus fort; par contre, au centre, le magnétisme est pratiquement nul. Ceci nous donne l'explication de la devinette magnétique de l'expérience n. 36.

Accessoires nécessaires : 3, 10 et un morceau de papier.

40. LE CHAMP MAGNÉTIQUE.

Nous glissons l'aimant sous le socle en plastique sur lequel nous avons posé la feuille de carton.

- nous saupoudrons le carton avec de la limaille de fer et nous le tapotons légèrement avec un crayon; on s'aperçoit immédiatement que les brins de limaille se déplacent pour former des boucles plus ou moins grandes qui partent d'un pôle pour rejoindre l'autre; elles serangent suivant les lignes de force magnétiques invisibles;

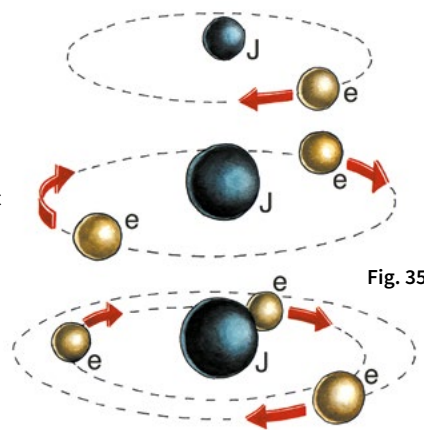


Fig. 35

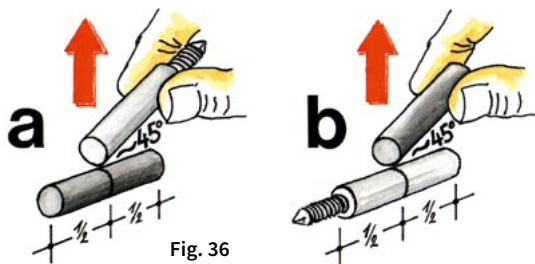


Fig. 36



Fig. 37

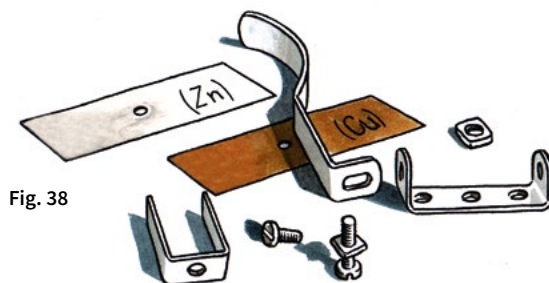


Fig. 38

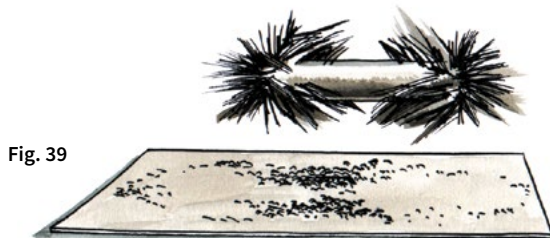


Fig. 39

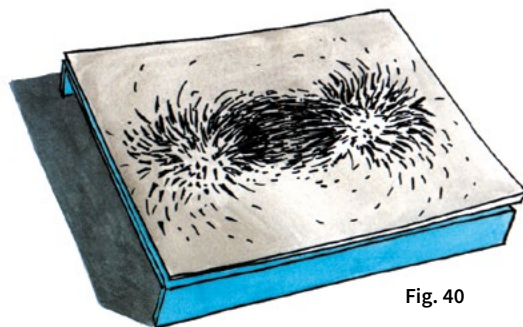


Fig. 40

b) nous faisons à nouveau la même expérience mais en soulevant le carton de 2 à 3 cm; ici encore les brins de limaille s'orientent suivant les lignes de force magnétiques;
 c) nous faisons la même expérience mais en plaçant l'aimant verticalement; à nouveau nous pouvons suivre l'orientation des brins de limaille.
 Remarque : il ne faut utiliser que peu de limaille et la répartir uniformément sur le carton.
 Conclusion: dans les environs d'un aimant se créent des lignes de force magnétiques; elles forment le champ magnétique qui est le plus puissant autour des pôles. Dans cette expérience-ci, il s'agit du champ magnétique produit par un aimant droit (barreau aimanté).

Accessoires nécessaires : 3, 8, 10 et du carton.

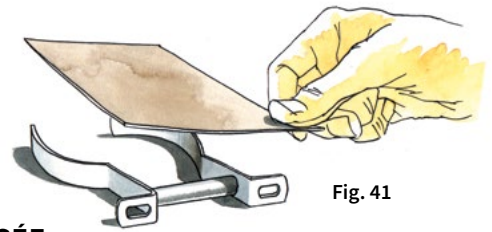


Fig. 41

41. LE CHAMP MAGNÉTIQUE ENTRE 2 PÔLES DE POLARITÉ OPPOSÉE

Nous posons l'aimant sur la table et, d'après le dessin de la fig. 41, nous ajoutons les 2 parties du stator. Nous posons le carton sur l'ensemble et nous le saupoudrons d'un peu de limaille de fer. Nous tapotons le carton avec un crayon et aussitôt, tous les brins de limaille se placent suivant les lignes de force magnétiques comme dans l'expérience précédente. Toutefois, nous retrouvons aussi un champ magnétique entre les 2 tôles du stator. Ceci est une chose dont nous devons tenir compte parce que cela nous expliquera le fonctionnement de la génératrice et du moteur électrique. Ici aussi, les lignes du champ magnétique vont d'un pôle vers l'autre.

Accessoires nécessaires : 3, 10, 15 et du carton.

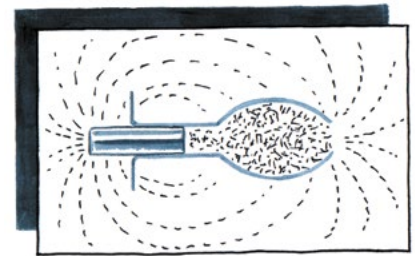


Fig. 42

42. LE CHAMP MAGNÉTIQUE ENTRE 2 PÔLES DE POLARITÉ SEMBLABLE

Comme dans l'expérience précédente, nous posons l'aimant sur la table, mais cette fois-ci, nous plaçons les 2 parties du stator suivant la fig. 42. De cette façon, les 2 tôles du stator se trouvent en contact avec le même pôle de l'aimant. Nous posons de nouveau le carton sur l'ensemble et nous le saupoudrons légèrement de limaille de fer. Ce qui nous intéresse maintenant ce ne sont plus les brins de limaille entourant l'aimant, mais bien ceux se trouvant entre les tôles du stator. Ils se sont placés individuellement, non pas alignés sur des lignes passant d'un pôle à l'autre, mais plutôt en opposition les uns avec les autres comme s'ils voulaient se fuir mutuellement. Par contre, à l'extérieur des tôles du stator, les lignes de force magnétiques se sont reconstituées en boucles allant d'un pôle à l'autre. Nous pouvons en tirer la conclusion que les 2 pôles d'un aimant ne sont pas les mêmes, ce dont les expériences suivantes nous donneront des preuves supplémentaires.

Accessoires nécessaires : 3, 10, 15 et du carton.

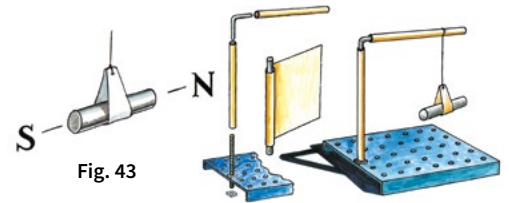


Fig. 43

43. LE PÔLE NORD ET LE PÔLE SUD D'UN AIMANT.

A l'aide d'un morceau de papier formant berceau, nous suspendons l'aimant horizontalement par un fil monobrin (non retordu), par exemple : un fil de coton. Pour cette expérience nous avons besoin de la potence que nous avons fabriquée au n.20. Après un petit temps d'hésitation, l'aimant se stabilise de telle façon qu'un des pôles reste tourné vers le Nord, tandis que l'autre fait face au Sud. Nous les désignerons par le pôle vers lequel ils sont tournés et nous marquerons le pôle Nord par un peu de couleur ou par un papier collant. L'autre côté sera évidemment le pôle Sud. Un aimant possède donc 2 pôles.

Accessoires nécessaires: (20) 10, papier et du fil.

44. AIMANTATION D'ACIER ET DE FER.

Nous prenons une aiguille à tricoter en fer ou une grosse aiguille à coudre et nous la frottons plusieurs fois avec le même pôle de l'aimant, ainsi qu'il est montré à la fig. 44, c'est à dire en tournant pour revenir dans le même sens. Ensuite, nous trempions l'aiguille dans la boîte contenant la limaille de fer, celle-ci y reste attachée. L'aiguille est donc aimantée. Pour nous rendre compte qu'elle possède bien les 2 pôles, nous fixons en son milieu un fil à coudre et nous suspendons ainsi le tout.

Après un peu d'hésitation, notre aiguille se stabilisera, une extrémité orientée vers le Nord et l'autre vers le Sud.

b) Nous procédons de la même manière avec le noyau en fer doux contenu dans la boîte. Il ne soulève que peu de limaille car son aimantation n'est pas très forte et elle disparaît d'ailleurs très rapidement.

c) Nous faisons encore la même expérience avec le tournevis qui, comme l'aiguille à tricoter, est en acier. Il se laisse donc bien aimanter.

Conclusion : l'acier se laisse bien aimanter et garde longtemps son aimantation; par contre, l'aimantation du fer est faible et de courte durée.

Accessoires nécessaires : 3, 9, 10, et une aiguille à tricoter en acier.



Fig. 44

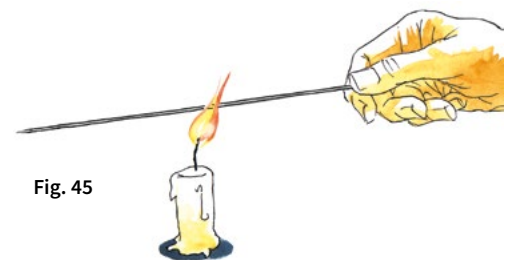


Fig. 45

45. UNE TEMPÉRATURE ÉLEVÉE DÉTRUIT LE MAGNÉTISME.

Nous réchauffons l'aiguille à tricoter en fer à la flamme d'une bougie: elle perd son aimantation.

Accessoires nécessaires : 3, 10, une aiguille à tricoter en fer, une bougie et des allumettes.

46. DÉMAGNÉTISATION.

Nous aimantons l'aiguille à tricoter en fer comme nous l'avons déjà fait à l'expérience n.44.

Ensuite, nous cintrons l'aiguille à plusieurs reprises et dans différentes positions. Nous essayons de la faire soulever de la limaille et nous nous apercevons qu'elle a perdu son magnétisme. Elle peut aussi le perdre si nous la frappons sur un corps dur ou la laissons tomber.

Accessoires nécessaires : 3, 10 et une aiguille à tricoter en acier.



Fig. 46

47. AIMANTATION D'UN CANIF.

Nous frottons la lame de notre canif plusieurs fois avec l'aimant comme il est indiqué à la fig. 47. Si nous approchons ensuite cette lame des vis ou de la limaille, nous nous apercevons qu'elle les attire et qu'elle est donc magnétisée. Avec quel pôle l'avons-nous aimantée? Quel pôle avons-nous à la pointe de la lame? Ce canif magnétisé peut-il aussi servir de boussole?

Accessoires nécessaires : 3, 5, 10 et un canif.

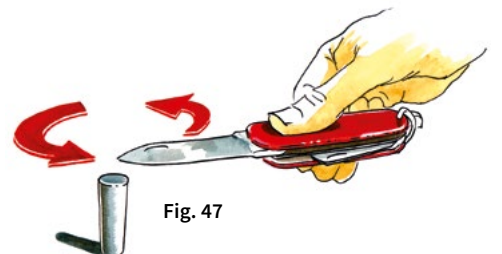


Fig. 47

48. PUISSANCE D'UN AIMANT.

Nous avons jusqu'ici appris à connaître différents aimants. Lequel était le plus puissant et quelle était sa puissance? Indiscutablement, c'était l'aimant en Al Ni Co contenu dans notre boîte qui était le plus puissant. Mais comment pouvons nous mesurer sa puissance?

a) Dans un morceau de carton, nous découpons un petit plateau et nous l'attachons avec 3 ou 4 fils à l'équerre allongée n. 16 (voir fig. 48). Nous soulevons l'équerre au moyen de l'aimant. Sur le plateau nous posons successivement divers objets de notre boîte, jusqu'au moment où l'aimant lâchera le tout. Nous avons alors dépassé sa puissance.

Cette expérience peut aussi se faire en plaçant des poids sur le plateau; ceci nous permettra de déterminer en grammes, la puissance d'attraction de l'aimant.

b) Nous prenons le cadre de noyau, nous posons ses deux extrémités sur les pôles de l'aimant et nous suspendons au centre de celui-ci les fils du plateau (voir 2e partie de la fig. 48).

Quelle est maintenant la puissance de l'aimant? Quoiqu'il soit resté le même que dans la première partie de l'expérience, nous remarquons que sa puissance est beaucoup plus grande. La raison réside dans le fait que nous utilisons maintenant les 2 pôles au lieu d'un seul.

Accessoires nécessaires : 10, 17, 18, du fil, du carton et différents objets.

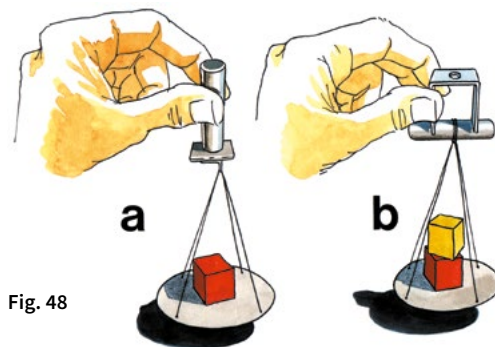


Fig. 48

49. L'AIGUILLE DE LA BOUSSOLE.

Dans la boussole, qui est un des principaux éléments de notre boîte, se trouve une aiguille aimantée. Comme nous ne pouvons pas l'enlever sans endommager la boussole elle-même, nous allons nous en construire une. Nous prenons 2 longues aiguilles à coudre; nous les posons de telle façon que les chas se trouvent l'un à côté de l'autre et nous lions les 2 aiguilles ensemble, de telle façon que les pointes se trouvent à l'opposé l'une de l'autre. Nous magnétisons une des aiguilles avec le pôle Nord de notre aimant ainsi que nous l'avons fait dans les expériences 44 et 47. Il faut faire au moins 5 passages. Nous procédons de même avec la seconde aiguille mais en utilisant le pôle Sud de notre aimant. Nos aiguilles sont maintenant magnétisées et elles peuvent faire le même travail que l'aiguille aimantée de la boussole. Nous les suspendons dans un berceau en papier au bout d'un fil de 10 à 12 cm (fig. 49) et nous attendons qu'elles se stabilisent. A ce moment une des pointes indiquera le Nord et l'autre le Sud.

Accessoires nécessaires : 10, deux aiguilles à coudre, du fil et du papier.

50. LA PUISSANCE DU CHAMP MAGNÉTIQUE.

Nous suspendons les aiguilles à la potence que nous avons fabriquée à l'expérience n.20 et nous attendons qu'elles se stabilisent. A une distance de 10 cm nous présentons le pôle Nord de notre aimant.

Les aiguilles bougent-elles? Dès qu'elles se sont arrêtées, nous présentons le pôle Sud de notre aimant. Si rien ne bougeait du fait que la distance était trop grande, nous pourrions refaire l'expérience à 9 ou à 8 cm. Nous nous rendons compte que le champ magnétique de notre aimant est fort grand, quoique lui-même soit fort petit. Par différentes expériences successives, nous pourrions déterminer que la puissance de l'aimant diminue en proportion du carré de la distance. L'attraction la plus forte se situe évidemment lorsque les pièces se trouvent dans le voisinage l'une de l'autre.

Accessoires nécessaires : (20), (49) et 10.

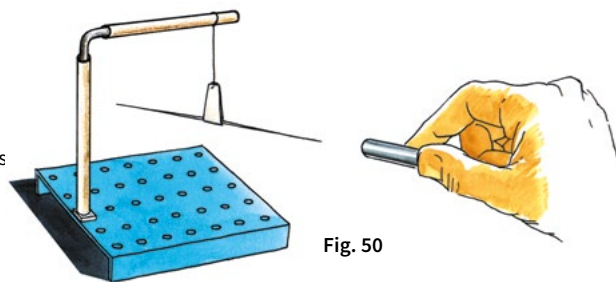


Fig. 50

51. LA BOUSSOLE.

Notre boîte d'expériences contient une boussole qui est légèrement différente des boussoles habituelles. Elle contient une aiguille supplémentaire. La boussole normale possède une seule aiguille dont l'extrémité bleue indique le Nord, tandis que l'extrémité rouge indique le Sud. L'aiguille pivote sur un axe en acier, dans un boîtier hermétique dont le fond représente la rose des vents avec les 4 points cardinaux. Ceux-ci sont désignés par les lettres suivantes:

S - Sud (en anglais : South)

N - Nord (en anglais : North)

E - Est (en anglais : East)

W - Ouest (en anglais : West)

L'aiguille supplémentaire jaune de notre boussole servira d'indication lorsque nous utiliserons notre boussole comme galvanomètre. Toutefois dans les autres expériences ce ne sont que les extrémités bleue et rouge qui entreront en ligne de compte.

Accessoires nécessaires : 34.

52. INFLUENCE DES PÔLES MAGNÉTIQUES.

- Nous approchons le pôle Nord de l'aimant du pôle Sud de l'aiguille aimantée.
- Nous approchons le pôle Nord de l'aimant du pôle Nord de l'aiguille aimantée.
- Nous faisons les mêmes expériences avec le pôle Sud de l'aimant et que pouvons-nous constater?

Conclusion: Des pôles de même nom se repoussent, tandis que ceux de nom opposé s'attirent.

Accessoires nécessaires : 10 et 34.

53. LA BOUSSOLE DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE.

Nous déposons l'aimant au centre d'une feuille de papier blanc. Ensuite, nous déterminons le champ magnétique au moyen de la boussole. En une trentaine d'endroits tout autour de l'aimant, nous prenons note de la direction prise par l'aiguille de la boussole et nous dessinons chaque fois cette orientation sur notre papier. Etant donné que l'aiguille aimantée se place toujours dans le sens du champ magnétique, nous obtenons ainsi un schéma optique de celui-ci.

Accessoires nécessaires : 10, 34, et papier.

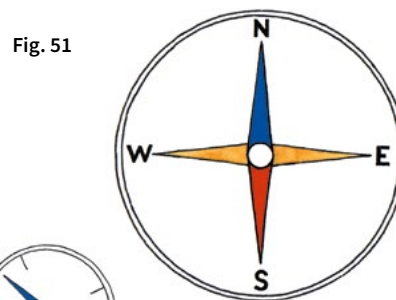


Fig. 51

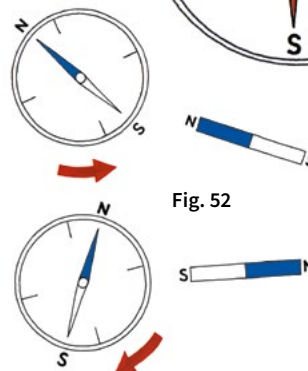


Fig. 52

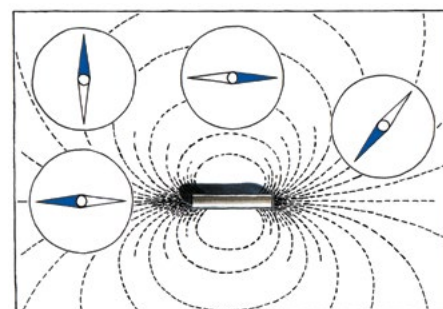


Fig. 53

54. LA TERRE EST UN AIMANT.

La figure 54 montre la terre avec ses lignes de force magnétiques. La ligne droite Nord (N) – Sud (S) représente l'axe géographique de la terre. Comme la terre aussi influence l'aiguille aimantée, nous pouvons en conclure qu'elle constitue un formidable aimant qui a son pôle Sud dans les environs du pôle Nord géographique et son pôle Nord dans les environs du pôle Sud géographique. Le champ magnétique entoure toute la terre. L'aiguille aimantée se place toujours en suivant les lignes de force de ce champ magnétique qui va du Nord au Sud.

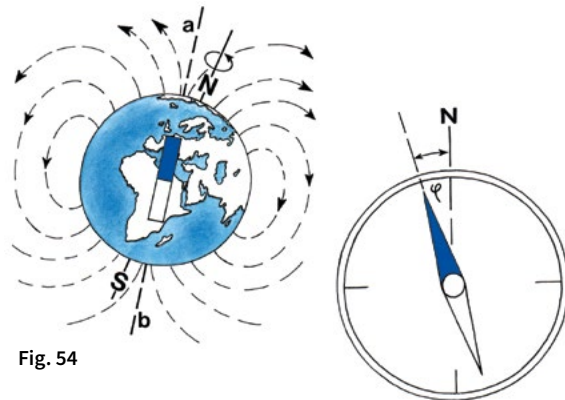


Fig. 54

Fig. 55

55. LA DÉCLINAISON MAGNÉTIQUE.

Les deux pôles de l'aiguille aimantée ne coïncident pas exactement avec les pôles géographiques. L'aiguille aimantée n'indique pas exactement le Nord, elle s'en écarte légèrement. La ligne droite a-b (voir fig.54) est appelé : le méridien magnétique. L'angle entre le méridien magnétique (a-b) et le méridien géographique (N-S) est appelé : la déclinaison magnétique. A la suite de mesures prises pendant de longues années, on a constaté que cette déclinaison n'était pas la même dans toutes les parties du globe et même qu'elle ne restait pas constante en un point déterminé.

Comme la boussole est un instrument très important pour la navigation maritime ou aérienne, il fallait évidemment connaître l'amplitude de la déclinaison en un temps et en un endroit donnés. Les cartes marines donnent ces indications.

Accessoires nécessaires : 34

56. L'ORIENTATION AU MOYEN DES CARTES GÉOGRAPHIQUES.

Nous posons sur la table une carte d'Europe ou de n'importe quel pays.

Sur le bord de la carte, nous posons la boussole et nous tournons le tout jusqu'à ce que l'aiguille aimantée suive la même direction que le cadre de la carte. A ce moment, notre carte est orientée au Nord.

Nous cherchons maintenant sur la carte l'endroit où nous nous trouvons et, grâce au compas, nous connaissons immédiatement les directions dans lesquelles se trouvent les villes qui nous entourent.

Afin d'obtenir une orientation parfaite, il nous faudra également connaître la déclinaison à l'endroit où nous nous trouvons, c'est à dire l'angle formé entre le pôle géographique et le pôle magnétique. La déviation en Europe occidentale est d'environ 4° vers l'Ouest (W).

Accessoires nécessaires : 34 et une carte géographique d'Europe.



Fig. 56

57. DÉCOUPAGE D'UN AIMANT.

Nous aimantons à nouveau notre aiguille à tricoter en fer. Au moyen de la boussole, nous pouvons aisément déterminer où sont ses pôles Nord et Sud. Ensuite, nous cassons l'aiguille en 2 pièces. Chaque pièce est à nouveau un aimant complet possédant les 2 pôles. Nous pouvons ainsi casser l'aiguille en 3, 4, 5 ou 10 pièces: chaque petit morceau constituera en lui-même un aimant complet possédant les 2 pôles.

Accessoires nécessaires: 10, 34, une aiguille à tricoter en acier.

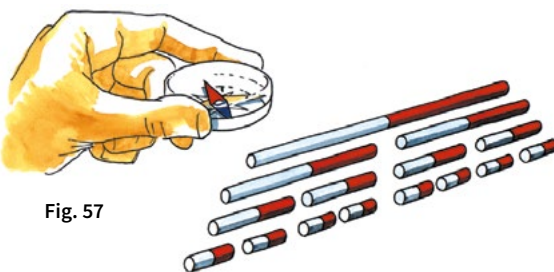


Fig. 57

58. ORIENTATION PARALLÈLE DE PETITS AIMANTS.

Nous secouons bien la petite boîte contenant la limaille de fer et nous posons la boussole sur la boîte. Dès que l'aiguille aimantée aura pris sa position Nord-Sud, nous tournons lentement la boîte à limaille en même temps que la boussole (fig. 58, à gauche). L'aiguille aimantée garde sa position Nord-Sud. Nous poursuivons l'expérience en posant l'aimant sur la boîte à limaille et en les secouant vigoureusement (fig. 58, au centre).

Nous enlevons l'aimant et nous le remplaçons par la boussole. Après quelques mouvements violents, l'aiguille s'arrêtera rapidement. Si maintenant, nous tournons la boîte à limaille avec la boussole, l'aiguille aimantée tournera en même temps. Pourquoi?

Accessoires nécessaires : 3, 10 et 34.



Fig. 58

59. INFLUENCE MAGNÉTIQUE.

Si nous trempons n'importe quelle pièce de fer dans la boîte à limaille, nous nous apercevons de suite qu'elle n'est pas aimantée. Toutefois, elle le deviendra dès qu'on l'approchera d'un aimant (fig. 59). Dès qu'on éloigne celui-ci, la pièce de fer perdra son magnétisme. Ce phénomène est appelé: "Influence magnétique".

Accessoires nécessaires : 3, 10, et 15.

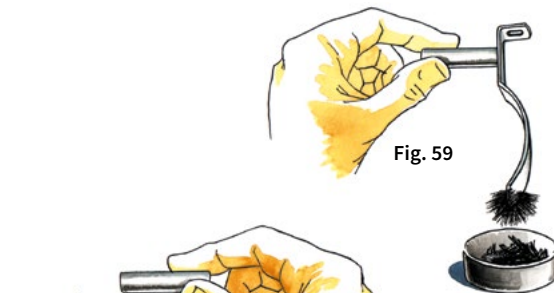


Fig. 59

60. MAGNÉTISME RÉMANENT.

Nous tenons ensemble le noyau de fer doux et l'aimant; nous plongeons ainsi l'extrémité du noyau dans la boîte contenant les vis et les écrous.

Nous relevons le tout et les vis ainsi que les écrous restent attachés au noyau. A ce moment, nous écartons légèrement l'aimant du noyau et la plupart des vis retombent car, en écartant l'aimant, nous avons progressivement affaibli le magnétisme du noyau. Toutefois, quelques pièces restent encore attachées un certain temps :

le magnétisme n'a pas disparu totalement; il reste un magnétisme rémanent qui sera de grande utilité pour construire des génératrices de courant continu.

Accessoires nécessaires : 5, 6, 10, 16.

61. L'EFFET DE L'AIMANT À TRAVERS CERTAINES MATIÈRES.

La fig. 61 montre une expérience dans laquelle un carton est glissé entre l'aimant et un écrou. Malgré tout, celui-ci subit l'attraction et il se déplace en suivant les mouvements de l'aimant sous le carton. Nous pouvons encore vérifier si cet écrou subit l'attraction de l'aimant au travers d'une latte en plastique ou en bois. A la suite de différents essais, nous constaterons que cette influence reste perceptible au travers du verre, du cuivre, de l'aluminium, du bois et de beaucoup d'autres matériaux, mais pas du fer.

Accessoires nécessaires: 6, 10, du carton, et règle en bois

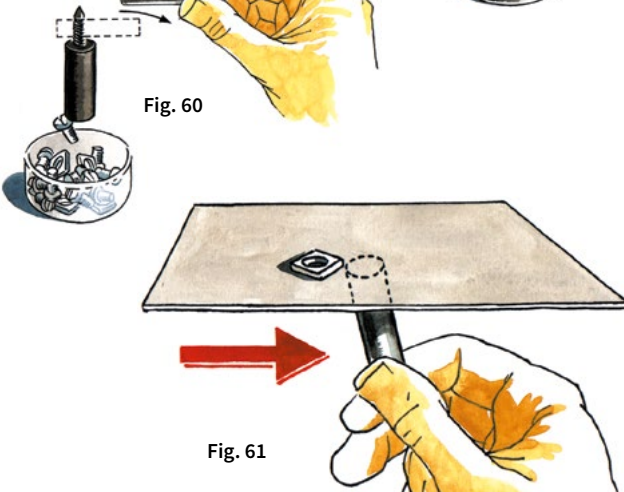


Fig. 61

62. ANNULATION DE L'EFFET D'UN AIMANT.

Nous plaçons l'aimant dans une boîte en fer blanc (boîte à bonbons ou similaire). Au moyen de la boussole, nous pouvons nous rendre compte que son champ magnétique s'est fort affaibli. Plus les parois seront épaisses, plus le champ magnétique faiblira, jusqu'à devenir inexistant. Nous pouvons donc par une sorte de blindage, empêcher le passage du magnétisme aussi bien de l'intérieur vers l'extérieur que vice-versa.

Accessoires nécessaires: 10, 34 et boîte en fer



Fig. 62

63. LA PAIRE D'AIGUILLES ASTATIQUES.

Dans la technique, on utilise souvent des aiguilles aimantées qui ne sont pas influencées par le magnétisme terrestre. Ce sont des paires d'aiguilles astatiques que nous pouvons fabriquer nous-mêmes. Nous commençons par magnétiser 2 longues aiguilles à coudre de telle sorte qu'elles aient toutes deux la même polarité du côté de la pointe. Nous les piquons dans un petit tube en papier en sens inverse l'une de l'autre (fig. 63). Si nous suspendons ce petit tube par un fil non retord (par exemple: un fil nylon), nous constatons que les pôles terrestres n'ont aucune influence sur nos aiguilles. On utilise des aiguilles astatiques dans la construction de galvanoscopes (ou galvanomètres).

Accessoires nécessaires: 10, deux aiguilles à coudre, du papier et du fil.

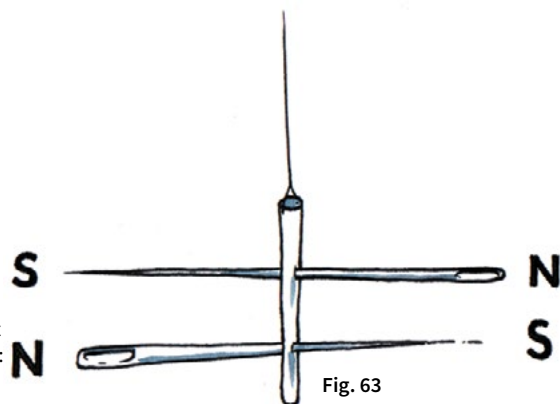


Fig. 63

64. LE FREIN MAGNÉTIQUE.

Nous reprenons la potence de l'expérience n.20, nous y suspendons la cloche en aluminium avec l'ouverture vers le bas (fig.64). Pour nous permettre de la suspendre, nous collons tout autour, une bande de papier fort à laquelle nous attachons les 3 fils de support. De cette façon, la cloche pend bien horizontalement. Elle doit toutefois être fixée suffisamment haut pour qu'on puisse placer l'aimant debout en dessous d'elle. L'expérience se fait en 2 stades :

a) Nous éloignons l'aimant, nous faisons tourner la cloche à la main un certain nombre de tours dans un sens et la laissons ensuite revenir librement. Nous comptons le nombre de tours qu'elle fait pour revenir.

b) Nous faisons à nouveau la même expérience mais en plaçant l'aimant en dessous d'un des bords de la cloche et nombre de tours. Nous comptons à nouveau le nombre de tours au retour. Nous constatons que le nombre de tours est plus petit à la seconde expérience qu'à la première. Pourquoi?

Nous savons que l'aimant n'a aucune influence sur l'aluminium et pourtant il a freiné la course de celui-ci. La cloche a tourné dans un champ magnétique. Les lignes de force magnétiques ont créé dans l'aluminium un courant électrique qui travaille contre le champ magnétique. Voilà la raison du freinage.

Accessoires nécessaires : (20), 10, 13, du fil et du papier.

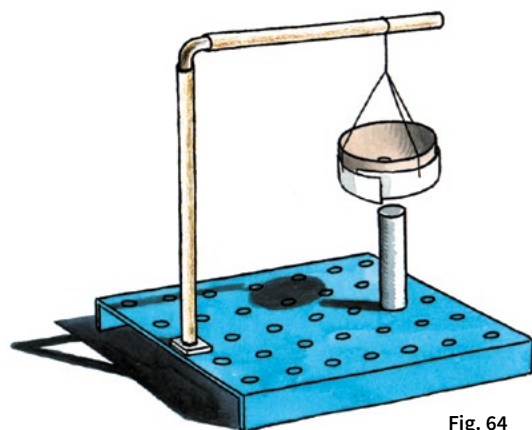


Fig. 64

65. LA BOUSSOLE MARINE.

Cette boussole (le compas de marine) est autrement construite que celles que nous avons utilisées jusqu'ici. Nous allons donc nous en construire une. Dans un léger carton, nous découpons un cercle de 10 cm de diamètre et nous y dessinons une rose des vents comme il y en a une sur la boussole contenue dans la boîte. De plus, nous partageons la circonférence en 360° en partant du Nord vers l'Est, c. à d., vers la droite. Sur la rose des vents, nous collons les aiguilles aimantées que nous avons réalisées à l'expérience n.49, de telle sorte que le pôle Nord des aiguilles corresponde avec le N de la rose des vents. Nous suspendons alors notre disque en carton au moyen de 3 fils non retords. Nous utilisons ici la seconde potence fabriquée à l'expérience n.22. Dans ce compas, ce ne sont plus seulement les aiguilles qui bougent : elles entraînent avec elles le carton représentant la rose des vents. Au bout d'un petit moment, l'ensemble s'arrête sur la position Nord-Sud des aiguilles. Sous le compas, nous glissons une planchette ou un carton assez épais qui représentera le navire. Dans l'axe longitudinal de la planchette nous traçons une ligne et, au bout de celle-ci, vers le Nord, nous élevons un petit carton pourvu d'un trait vertical correspondant à la ligne d'axe du navire (ici, notre planchette). Si le navire navigue vers le Nord, le trait vertical doit correspondre avec le N du compas. Si maintenant le capitaine donne l'ordre : "Route à 8° à l'Est", le timonier tourne le gouvernail vers la droite jusqu'au moment où le compas indique : 8°E. Dans notre cas, nous tournerons la planchette vers la droite jusqu'à ce que son trait vertical se trouve en face de la graduation représentant 8° sur la rose des vents. En effet, les aiguilles aimantées n'ont pas bougé et continuent à indiquer le Nord magnétique. Afin d'éviter des erreurs dues aux mouvements du navire par suite de l'effet des vagues, le compas est suspendu dans un double cadre dont les axes de pivotement se trouvent à angle droit l'un par rapport à l'autre : c'est la suspension "à la cardan". Son but est de maintenir le compas toujours horizontal, quelle que soit la position du navire.

Accessoires nécessaires : (20), (49), du papier, du carton, un livre et du fil.

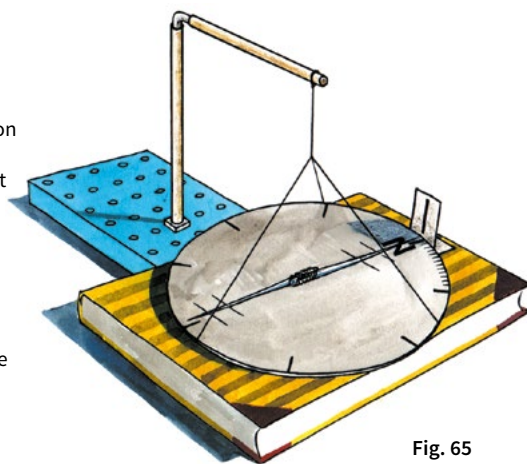


Fig. 65

66. LA DÉVIATION MAGNÉTIQUE.

Reprenant l'expérience précédente et, en supposant que le capitaine commande : " Route à 8°E ", nous obtiendrons donc un déplacement du bateau par rapport à notre compas.

D'autre part, comme nous le savons déjà, le fer attire un aimant. Si nous approchons de notre compas une pièce en fer, nous nous apercevons immédiatement que notre compas " dévie " et notre navire (notre planchette) semble prendre une autre direction.

Il y a de telles influences sur tous les navires et on les appelle la " Déviation ". La cause en est le navire lui-même qui est construit en fer, dont les moteurs comportent du fer et dont certains accessoires tels que cabestans, bastingage, etc ...sont également en fer. Parfois cette déviation peut être causée par le chargement même du navire, par exemple : du minerai de fer, de nickel ou de cobalt. Afin d'éliminer la déviation, les compas des navires sont pourvus de petits aimants mobiles et de boules de fer, mobiles également.

Dans le cas de notre compas, après avoir placé une pièce de fer à droite, nous pouvons le " compenser " en plaçant une autre pièce de fer ou un aimant de l'autre côté. Ceux-ci ne doivent pas être du même volume ni de la même puissance que les pièces qui sont la cause de la déviation, il suffit de placer les éléments correcteurs plus près du compas. Nous cherchons alors la meilleure position jusqu'à ce que celui-ci soit revenu à sa position de 8°E.

Accessoires nécessaires : (65) et un marteau.

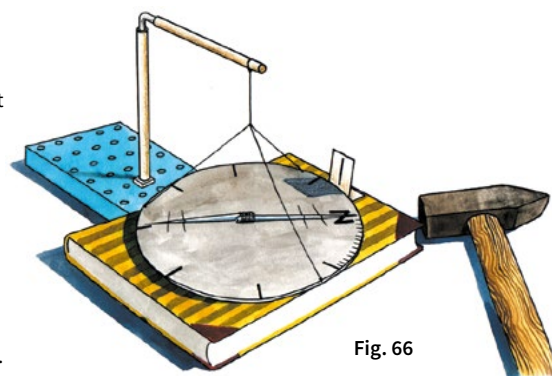


Fig. 66

67. AIGUILLES MAGNÉTIQUES DANS L'EAU.

Au moyen de 6 aiguilles à coudre, nous pouvons faire des expériences intéressantes sur l'attraction et la répulsion des pôles magnétiques. Nous aimantons de la même manière les 6 aiguilles. Nous découpons 6 petits cubes semblables dans du bouchon, nous y enfonçons nos aiguilles et nous les plongeons dans un bassin rempli d'eau, en veillant à ce que les chas des aiguilles soient par dessous. Le bassin ne peut pas être en fer. Les bouchons flottent, comme les polarités semblables se repoussent, nous voyons immédiatement qu'il se produit un distancement entre eux. Toutefois, il y a aussi des attractions entre le chas d'une aiguille et la pointe d'une autre parce qu'il y a là une polarité opposée. Le résultat de ces forces magnétiques opposées forme des mouvements intéressants à observer.

Nous faisons la même expérience successivement avec 5, 4 ou 3 aiguilles.
Accessoires nécessaires: 10, un récipient avec l'eau, six aiguilles à coudre, six petite bouchons.

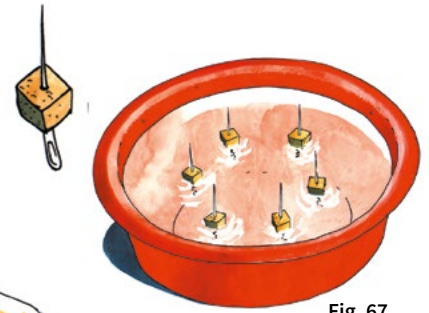


Fig. 67

68. LE CHAMP TOURNANT MAGNÉTIQUE.

Au moyen de papier, nous fabriquons un petit berceau suspendu par un fil; nous y glissons notre aimant de façon à ce qu'il soit parfaitement horizontal. Ensuite, nous le faisons tourner 8 à 10 fois sur lui-même dans le même sens. Dès que nous le lâchons, il commencera donc à tourner tout seul en sens inverse.

Si, avant de le lâcher, nous avons posé la boussole en dessous, nous remarquerons que les aiguilles de celle-ci tournent en concordance avec l'aimant parce que, en même temps que celui-ci, nous avons aussi un champ magnétique qui suit sa rotation.

Materials you will need: 10, 34, paper, thread.



Fig. 68

Fig. 69

PILES, ELEMENTS, ACCUMULATEURS

69. LA PILE.

On peut se procurer des piles dans de nombreux magasins. La pile que nous utilisons est plate et ressemble à un étui d'où émergent deux extrémités. Ce sont deux pôles de la pile. L'extrémité plus courte est le pôle positif, indiqué par "+" et celle plus longue est le négatif, marqué par "-". Il ne faut jamais toucher les pôles, ceci risquerait de décharger la pile. Il ne faut pas non plus mettre en contact les deux pôles pour ne pas provoquer un court-circuit.

70. L'ESSAI DE LA PILE.

Dans notre boîte, nous trouverons plusieurs accessoires qui nous permettent de vérifier l'état de charge de la pile. Nous choisirons l'ampoule et le galvanomètre. Si l'ampoule se met à brûler ou l'aiguille du galvanomètre commence à se remuer la pile est en bon état. A force de l'utiliser la pile se décharge.

Accessoires nécessaires : 2 x 7, 8, 14, 33, 35 et une pile.

71. L'AMPOULE ÉLECTRIQUE.

Dans cette expérience, nous verrons comment fonctionne une ampoule.

Dans une planchette, nous enfonçons 2 clous distants de 1 cm. Entre ces derniers, nous tendons un fil de fer de 0,1 mm d'épaisseur. Au travers de ce fil, nous faisons passer le courant de la nouvelle pile (fig. 71 à gauche). Le fil de fer rougit. Si nous utilisons en même temps le courant de 2 batteries, le fil fondrait. C'est d'après le même principe que fonctionnent les ampoules électriques.

Dans un globe sous vide se trouvent de fins fils de wolfram, un métal à très haut point de fusion. Ce filament rougit sous l'effet du courant, toutefois, il ne peut pas fondre parce qu'il n'y a pas d'oxygène dans le globe, l'air ayant été remplacé par l'argon.

L'ampoule est très fragile. On ne peut pas la secouer ni la laisser tomber, surtout pendant qu'elle brûle. On peut la raccorder seulement au courant dont le voltage est indiqué sur son culot. L'ampoule contenue dans notre boîte est prévue pour une intensité de 9 volt. Un voltage plus élevé ferait fondre les filaments.

AVERTISSEMENT!:

- La pile est en court-circuit
- Connectez la pile pour un bref instant - juste le temps de comprendre l'expérience
- Soyez prudent afin de ne pas vous brûler les doigts.

Accessoires nécessaires : une planchette en bois, deux clous, du fil de fer et une pile.

72. LE CONTENU D'UNE PILE.

La pile plate (9V) est constituée de 6 éléments (ne pas confondre avec les éléments chimiques).

Chaque élément se compose d'un petit récipient en zinc, un sachet de poudre de carbone et d'une solution de sel d'ammoniaque. Les éléments sont réunis de la manière suivante: Le zinc du premier élément est libre. (pôle négatif)

Le charbon du premier élément est relié avec le zinc du deuxième élément. Le charbon du deuxième élément est relié avec le zinc du troisième élément. Le charbon du sixième et dernier élément est libre. (pôle positif)

De l'ensemble de la pile émergent deux pôles, le négatif et le positif (charbon).

73. LA DÉTÉRIORATION DE LA PILE.

Les piles ne peuvent servir que pendant un certain temps et ensuite on les jette. Quelles sont les pièces de la pile qui se sont détériorées? C'est d'abord le zinc qui est rongé. Ensuite la solution de sel d'ammoniaque s'est desséchée. Il ne reste que les sachets avec l'électrode de charbon et la poudre d'oxyde de manganèse.

Nous jetons les âmes des piles usées dans les conteneurs prévus.

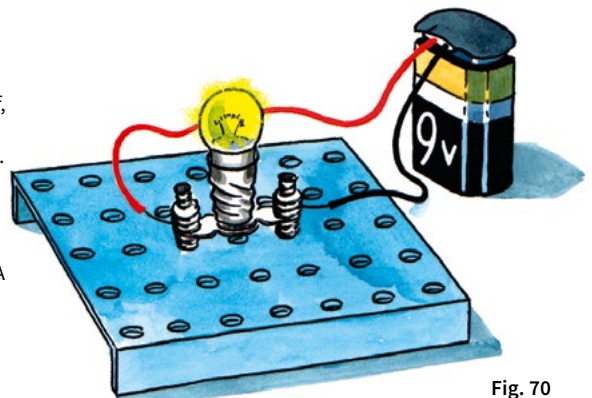


Fig. 70

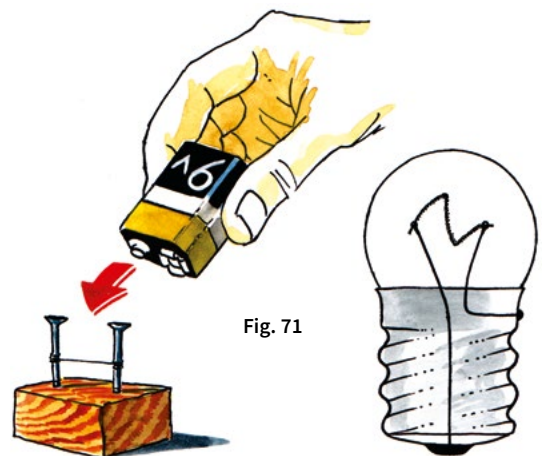


Fig. 71

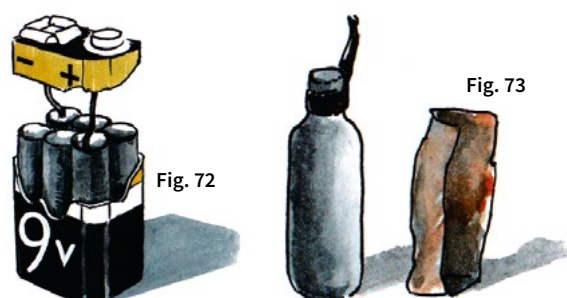


Fig. 72

Fig. 73

74. L'ÉLECTRICITÉ DANS LES CUISSSES DE GRENOUILLE.

En 1791, on a rendue publique une expérience qui avait été faite par Monsieur Galvani, professeur d'Anatomie à l'Université de Bologne. A une potence en fer, il avait fixé un crochet en cuivre auquel était suspendue une paire de cuisses de grenouille. Comme il y avait du vent, celles-ci se balançaient et, chaque fois qu'elles venaient en contact avec le fer de la potence, elles tressaillaient comme si elles étaient encore vivantes. Galvani croyait que les tressaillements étaient dus à l'électricité contenue dans le corps de l'animal. Beaucoup de savants de son temps partageaient son opinion.

Toutefois, Alexandre Volta, professeur à l'Université de Pavie, n'était pas de cet avis; il croyait également que les tressaillements étaient dus à l'électricité, mais pas à celle contenue dans le corps de l'animal. A son avis, l'électricité était produite, d'un côté par le contact direct du cuivre et du fer, tandis que de l'autre côté, elle passait à travers un corps humide qui ne doit pas nécessairement être celui d'un animal. Cette divergence d'opinion entre Volta et les adeptes de Galvani dura plusieurs années. Ce n'est qu'en 1799 que Volta créa un appareil au moyen duquel il put faire la preuve de sa théorie.

Nous aussi, nous construirons cet appareil. Toutefois, il nous faudra d'abord faire la connaissance d'un appareil destiné à mesurer l'électricité. Cet appareil s'appelle le galvanomètre.

75. LE GALVANOMÈTRE.

Le galvanomètre contenu dans notre boîte se compose de 3 parties principales : la boussole, la base et le bobinage. La boussole contient, outre l'aiguille magnétique ayant une extrémité rouge et l'autre bleue, encore une aiguille métallique jaune supplémentaire. Pour effectuer les mesures, nous posons la boussole dans le bobinage du galvanomètre et la toumons de sorte que l'aiguille jaune se trouve amenée en position O.

Pendant les mesures, il ne pourra y avoir dans le voisinage aucun aimant ni pièce en fer.

Accessoires nécessaires: 1, 34.

76. DÉCOUVERTE DE VOLTA.

Nous nettoyons avec du papier de verre la plaque de zinc (Zn) et la plaque de cuivre (Cu) contenues dans notre boîte et nous les relierons au galvanomètre au moyen des fils pourvus de fiches (voir fig. 76). L'aiguille jaune doit se trouver en position O. Nous faisons les expériences suivantes :

- nous glissons un morceau de papier-journal entre les 2 plaques de métal; les aiguilles du galvanomètre ne bougent pas;
- nous humidifions avec de l'eau, le papier se trouvant entre les plaques; l'aiguille dévie, montrant de ce fait qu'il y a du courant qui passe dans le bobinage du galvanomètre;
- nous inversons les pôles (nous relierons le fil menant à la plaque de zinc avec celle de cuivre et vice versa). L'aiguille déviara dans le sens opposé à celui du point 2.
- Nous appuyons énergiquement sur les plaques. L'aiguille déviara davantage;
- si nous diminuons les surfaces en contact, la déviation de l'aiguille diminuera.

L'expérience que réalisa Volta se distingue toutefois de la nôtre. En son temps, il n'existait pas encore de galvanomètre capable de mesurer de si faibles intensités. Volta créait du courant électrique avec ce qu'on appelle la pile de Volta. Sur une plaque de zinc, il posait un chiffon humide de même dimension, suivi d'une rondelle de cuivre, puis à nouveau du zinc, un chiffon mouillé, du cuivre et ainsi de suite environ 60 fois. Le tout avait l'aspect d'une colonne. Dans celle-ci, il y avait donc un contact direct entre les deux métaux par l'intermédiaire du chiffon mouillé. Il se créait ainsi un courant électrique. Ceci fut la première tentative humaine de fabrication de courant électrique. Cette découverte toute simple rendit le nom de Volta célèbre dans le monde de la Science.

C'est d'après son nom que l'unité de tension électrique fut appelée : "Volt", et l'appareil servant pour mesurer cette tension : "Voltmètre". La paire de plaques que nous avons assemblée plus haut se nomme "élément de Volta" (fig. 76). Depuis la découverte de Volta jusqu'à ce jour, de nombreux autres éléments furent créés qui, en l'honneur de Galvani, furent désignés comme éléments galvaniques.

Accessoires nécessaires : 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, du papier et de l'eau.

77. UN ÉLÉMENT COMPOSÉ DE CUIVRE, DE ZINC ET D'UNE SOLUTION SALÉE.

Dans un verre rempli d'eau salée, nous trempons une plaque de cuivre et une plaque de zinc que nous raccordons toutes deux au moyen de cables au galvanomètre (fig. 77). L'aiguille de celui-ci dévie fort, ce qui prouve qu'il passe un fort courant électrique dans cet élément.

Accessoires nécessaires : 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, un verre d'eau et du sel.

78. POLARISATION ET DÉPOLARISATION.

- Nous relierons au galvanomètre l'élément galvanique composé du zinc-cuivre-eau salée comme dans l'expérience n° 77. Observons l'aiguille du galvanomètre! Au début, elle dévie et nous prouve donc que l'élément fournit de l'électricité. Toutefois, l'aiguille retourne lentement. Il semble donc que le courant faiblit. Aussitôt qu'on rajoute du sel, le courant devient plus fort pour faiblir à nouveau. Pourquoi le courant faiblit-il?

Sur la plaque d'électrode en cuivre se forment des bulles d'hydrogène causées par la décomposition du sel. Ces bulles empêchent le fonctionnement de l'élément. C'est ce qu'on appelle : la polarisation.

- Au moyen d'une baguette de bois ou d'un chiffon, nous enlevons les bulles provenant du cuivre. L'élément fournit à nouveau du courant.

c) Nous jetons la solution d'eau salée et nous la remplaçons par du sable bien lavé. L'élément fournit du courant pendant une plus longue période. Les bulles d'hydrogène se mélangent maintenant avec l'oxygène de l'air pour devenir de nouveau de l'eau parce qu'il y a de l'air entre les grains de sable. Par cela nous empêchons la polarisation. C'est pour cela qu'on appelle le sable un "dépolarisant".

Accessoires nécessaires : 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, un verre, de l'eau, du sel et du sable.

Fig. 74

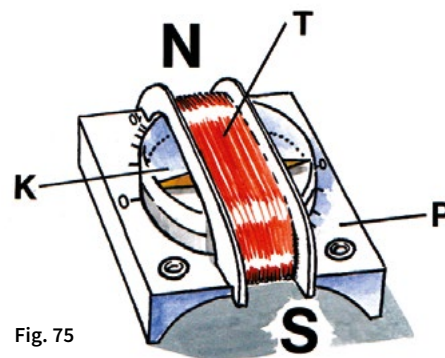
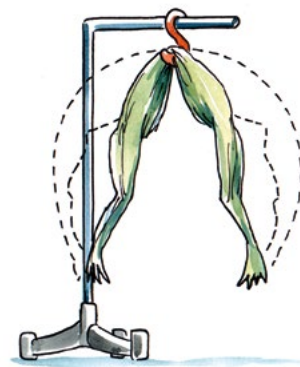


Fig. 75

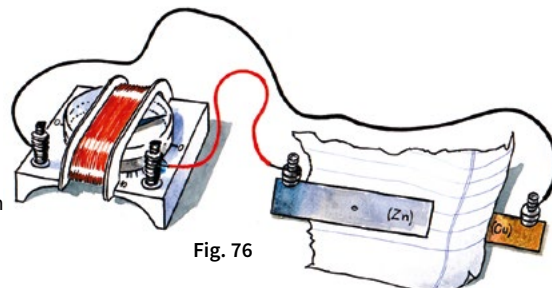


Fig. 76

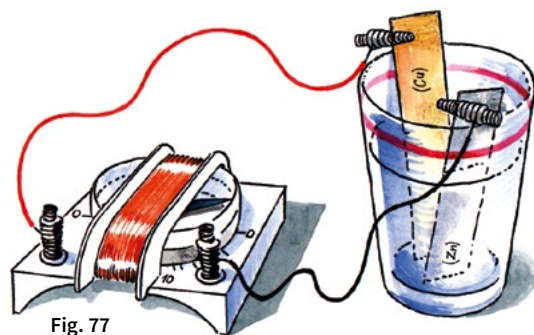


Fig. 77



Fig. 78

79. L'ÉLÉMENT LECLANCHÉ

La pile 9V se compose de 6 éléments Leclanché, dans lesquels le zinc donne le pôle négatif, le charbon le positif et l'oxyde de manganèse fait fonction de dépolarisant. L'électrolyte (le liquide entre les pôles) est une solution de sel d'ammoniaque et d'eau dans la proportion 1:3. Cette solution est toutefois mélangée à un épaississant, qui la rend pâteuse. C'est ce qu'on appelle : une batterie sèche.

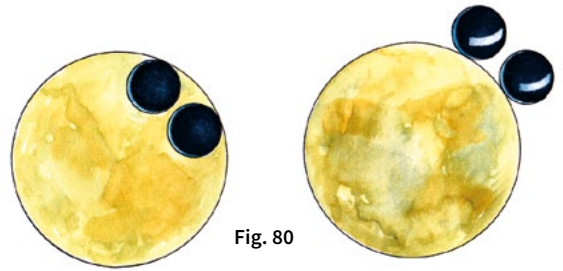


Fig. 80

80. COMMENT LE COURANT ÉLECTRIQUE NALT DANS L'ÉLÉMENT.

Sous l'influence des forces électriques régnant entre le liquide et les métaux, ceux-ci créent des ions positifs. De cette manière, le métal (dans notre cas : du zinc) contient un superflu d'électrons. Si maintenant, en dehors de l'élément, nous relierons par un fil le zinc et le charbon (comme nous l'avons fait avec le cuivre dans l'expérience précédente), les électrons en surnombre dans le zinc s'en vont vers le charbon où il en manque. C'est ainsi que se crée un courant électrique.

Mais que représentent les ions?

Comme nous le savons déjà, les corps sont composés de molécules et d'atomes, alors que les atomes possèdent des noyaux et des électrons. Chaque atome possède un nombre déterminé d'électrons. Si, d'un atome ou d'un groupe d'atomes nous enlevons quelques électrons, l'atome se transforme en ion. Un ion naît aussi lorsqu'un atome ou un groupe d'atomes possède plus d'électrons qu'il ne lui faut normalement. Dans le premier cas, le ion est positif, dans le second cas, il est négatif. La fig. 80 montre à gauche, un ion positif et à droite, un ion négatif.

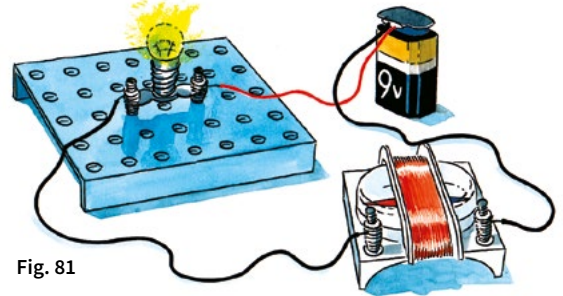


Fig. 81

81. LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE.

La fig. 81 représente un circuit électrique composé d'une pile, d'une ampoule, du galvanomètre et des fils de liaison. Le courant passe de la pile vers l'ampoule, de celle-ci vers le galvanomètre et de celui-ci, il retourne à la pile.

Aussi longtemps que le courant passe, l'ampoule s'éclaire et l'aiguille du galvanomètre est déviée. Si ce circuit est interrompu en n'importe quel endroit, le courant ne circule plus. Le courant ne peut circuler que dans un circuit fermé.

Accessoires nécessaires : 1, 4 x 7, 8, 14, 33, 34, 35 et une pile.

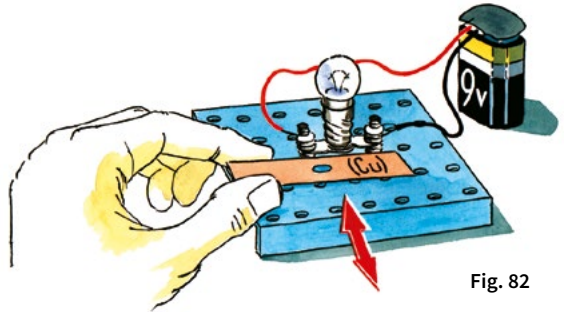


Fig. 82

82. COURT-CIRCUIT.

Nous installons un circuit électrique au moyen de la pile et de l'ampoule, ainsi qu'il est indiqué à la fig. 82. Dès que nous fermons le circuit, l'ampoule s'éclaire.

Au moyen de la plaque de cuivre ou de n'importe quel objet métallique, nous relierons directement les 2 pôles de la pile. L'ampoule s'éteint : nous avons provoqué un court-circuit et la pile se décharge très rapidement. Par le pontage en court-circuit qui ne possède pas de résistance électrique perceptible, un courant très puissant passe du pôle négatif vers le pôle positif de la pile.

Pour garder la pile en bon état, il faut éviter de provoquer des courts-circuits.

Accessoires nécessaires : 2 x 7, 8, 14, 24, 33, 35 et une pile.



Fig. 83

83. LE FUSIBLE

Le courant électrique que nous utilisons dans notre maison a une tension de 220 V. Afin d'éviter des dégâts causés par des courts-circuits, chaque circuit électrique est protégé par un fusible. L'ensemble de ceux-ci se trouve près du compteur. Ils peuvent être réalisés soit d'une façon électromagnétique soit d'une façon thermique. Nous parlerons ici des fusibles thermiques. Le fusible (fig.83) se compose d'un cylindre en céramique (1) au centre duquel passe un fin fil (3) posé dans du sable siliceux (2). Il est maintenu en place par 2 capsules métalliques et un petit ressort(4). S'il se produit un court-circuit, le fil chauffe au point de fondre. Dans ce cas, il faut d'abord rechercher la cause du court-circuit dans les installations électriques. Elle peut provenir d'une surcharge du circuit lorsque trop d'appareils y sont branchés ou d'un court-circuit entre les éléments montés. Dès que nous aurons découvert la cause de la destruction du fusible, nous remplaçons celui-ci par un nouveau. Il est interdit et d'ailleurs fort dangereux, de réparer un fusible en le pontant au moyen d'un fil extérieur (fig. 83, à droite). Cela peut provoquer des incendies ou des dommages aux appareils.

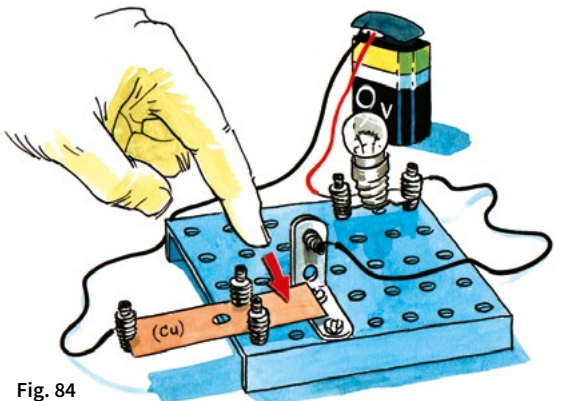


Fig. 84

84. UN BOUTON ÉLECTRIQUE.

La fig. 84 représente l'assemblage, le câblage et le fonctionnement d'un bouton électrique avec une pile et une ampoule. Si on appuie sur le bouton, on ferme le circuit et la lampe s'allume, aussi longtemps que l'on appuie sur le bouton.

On utilise un système analogue dans les boutons de sonnerie à la porte des maisons.

Accessoires nécessaires : 2 x 5, 2 x 6, 6 x 7, 8, 14, 24, 28, 33, 35 et une pile.

85. TÉLÉGRAPHE LUMINEUX.

L'appareil que nous avons monté à l'expérience précédente peut aussi être utilisé pour faire du télégraphe lumineux. Les lettres sont transmises par l'alphabet de Morse, qui est une combinaison de signaux lumineux courts et longs (fig.85). L'avantage du télégraphe lumineux réside dans le fait que pour la transmission des signaux, il ne nécessite pas l'utilisation de fils. Son désavantage réside toutefois dans le fait qu'il ne peut servir qu'entre 2 points situés à portée de vue et seulement la nuit. Si le message que l'on désire transmettre doit rester secret, il faudrait créer un alphabet chiffré.

A	· · ·	J	· · · · ·	S	· · · ·	1	· · · · ·
B	· · · · ·	K	· · · ·	T	· · ·	2	· · · · ·
C	· · · ·	L	· · · · ·	U	· · · ·	3	· · · · ·
D	· · · ·	M	· · · ·	V	· · · · ·	4	· · · · ·
E	· · ·	N	· · ·	W	· · · · ·	5	· · · · ·
F	· · · · ·	O	· · · ·	X	· · · · ·	6	· · · · ·
G	· · · ·	P	· · · · ·	Y	· · · · ·	7	· · · · ·
H	· · · · ·	Q	· · · · ·	Z	· · · · ·	8	· · · · ·
I	· · ·	R	· · · ·			9	· · · · ·
						0	· · · · ·

Fig. 85

86. L'INTERRUPTEUR.

Le bouton électrique que nous avons construit à l'expérience n. 84 est destiné aux installations dans lesquelles le courant ne doit être envoyé que pour de courtes périodes, comme la sonnerie électrique ou le télégraphe lumineux. Si, par contre, le courant doit rester établi pendant un temps plus long, nous devons posséder un interrupteur tel qu'il est décrit à la fig. 86. Si nous poussons le levier vers la gauche, nous fermons le circuit et la lampe s'allume. Elle restera allumée tant que nous n'aurons pas repoussé le levier vers la droite. Les leviers des interrupteurs utilisés dans les installations des maisons sont poussés toujours dans le même sens et sont contenus dans un boîtier en matière isolante. Comme il s'agit d'un courant de tension très élevée, nous ne pouvons en aucun cas toucher les parties métalliques de ces interrupteurs.

Accessoires nécessaires: 3 x 5, 3 x 6, 4 x 7, 8, 14, 24, 2 x 28, 33, 35 et une pile

87. UN INVERSEUR POUR 2 AMPOULES.

Au moyen d'un interrupteur, nous pouvons éclairer et éteindre plus d'une ampoule en même temps. La fig. 87 nous montre deux ampoules qui s'alimentent chacune à leur tour à la même pile au moyen d'un inverseur. On pourrait de cette façon construire un inverseur pour les signaux de signalisation à un carrefour où il faut éclairer successivement le feu rouge, jaune et vert.

Accessoires nécessaires : 3 x 5, 3 x 6, 7 x 7, 8, 2 x 14, 24, 2 x 28, 33, 2 x 35 et une pile.

88. UNE SEULE AMPOULE AVEC DEUX INTERRUPTEURS

Comment devons-nous faire si nous voulons commander une même ampoule dans notre maison, depuis le rez-de-chaussée et depuis le premier étage? Pour cela, nous avons besoin de 2 inverseurs, d'une ampoule, d'une source de courant (dans notre cas, c'est la pile) et des fils. Au moyen des pièces contenues dans notre boîte, nous construisons 2 inverseurs, chacun d'un côté du socle. La fig. 88 nous montre comment nous devons relier les deux inverseurs entre eux ainsi qu'avec l'ampoule et la pile.

Avec n'importe lequel des 2 inverseurs, nous pouvons maintenant allumer ou éteindre notre ampoule. Nous pouvons aussi l'allumer avec un inverseur et l'éteindre avec l'autre depuis le premier étage, ou inversement.

Cette installation s'appelle : l'installation correspondante.

Accessoires nécessaires : 6 x 5, 6 x 6, 8 x 7, 8, 14, 23, 24, 4 x 28, 33, 35 et une pile.

89. MONTAGE D'AMPOULES EN PARALLÈLE.

11. A notre pile, nous raccordons graduellement 3 ampoules en parallèle. Observation : La première ampoule brûle très fort, de même que la deuxième et la troisième. Quel est le débit total du courant utilisé ?

La tension de notre pile est 9V. La première ampoule utilise une intensité de 0,05 A (ampère), de même que la deuxième. Le débit total du courant est donc :

$P = 9V(3 \times 0,05) = 1,35W$. Si nous dévions une des ampoules, nous remarquons que les deux autres continuent à brûler.

Le montage d'ampoules en parallèle est utilisé dans les maisons pour l'éclairage électrique.

Accessoires nécessaires: 6 x 7, 8, 3 x 14, 33, 3 x 35 et une pile.

90. MONTAGE D'AMPOULES EN SÉRIE

1. A notre pile, nous raccordons graduellement trois ampoules en série. Lorsque nous raccordons une seule ampoule, elle éclaire très fort, quand nous raccordons deux ampoules en série, elles éclairent moins fort, alors que trois ampoules raccordées en série donnent une lumière qu'on peut à peine distinguer.

Dans le premier cas, l'ampoule utilise une intensité de 0,05 A et reçoit une tension de 9 V. Quand 2 ampoules sont reliées en série, la tension devrait être deux fois plus grande, et pour les 3 ampoules, même trois fois plus grande.

2. Au cours de l'expérience précédente, nous dévions une des trois ampoules. Toutes les 3 ampoules s'éteignent parce que nous avons interrompu le circuit électrique.

Accessoires nécessaires: (89).

91. AUGMENTATION DE LA TENSION DES PILES.

a) Lors de l'expérience n.72, nous avons vu le contenu d'une pile. Nous avons constaté qu'elle contient 6 éléments. La barre de charbon constitue l'électrode positive, le zinc est l'électrode négative, de même que la solution de sel d'ammoniaque qui constitue l'électrolyte. L'oxyde de manganèse y travaille comme dépolarisant. Les éléments de la pile sont reliés en série. Chaque élément fournit une tension de 1,5V. La pile entière fournit donc $6 \times 1,5 = 9V$ (fig. 91, à gauche).

b) Si nous mettons en série 2 piles (fig. 91, à droite), cet ensemble nous donnera une tension de $2 \times 9 = 18V$.

Accessoires nécessaires: deux piles.

92. AUGMENTATION DU DÉBIT DE LA PILE.

La nouvelle pile plate a un débit suffisant pour alimenter trois ampoules, chacune consommant 0,05A. Si nous avons besoin d'une plus grande puissance, nous pouvons brancher plusieurs piles en parallèle, comme indiqué à la fig. 92. Quoique la tension de chacune des piles soit 9V, la tension totale n'augmente pas, tout en obtenant une plus grande intensité des piles liées en parallèle.

Accessoires nécessaires: 33, et trois piles.

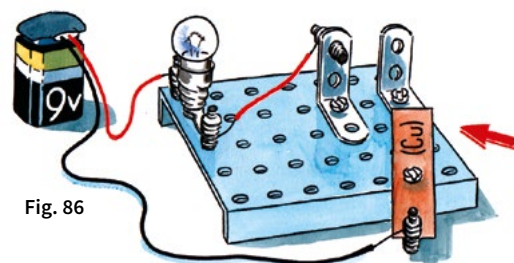


Fig. 86

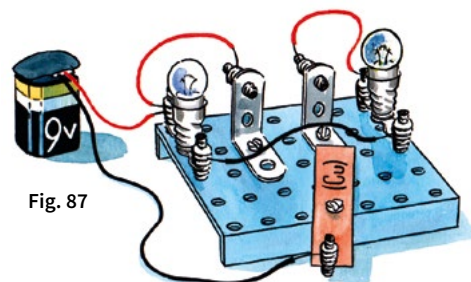


Fig. 87

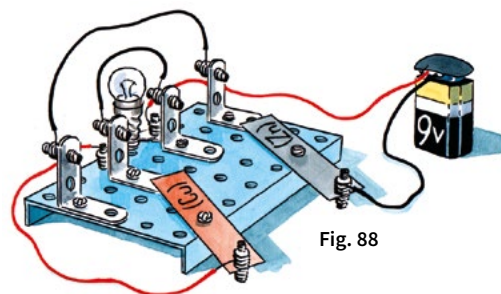


Fig. 88

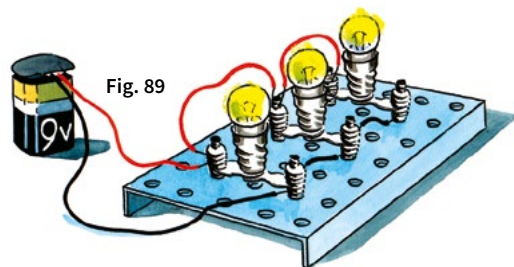


Fig. 89

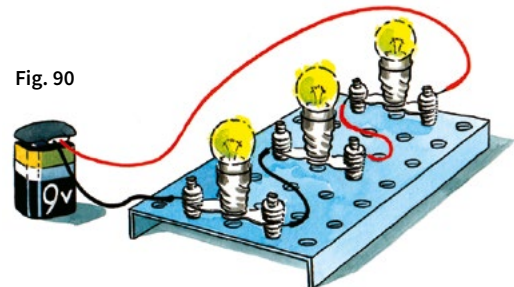


Fig. 90

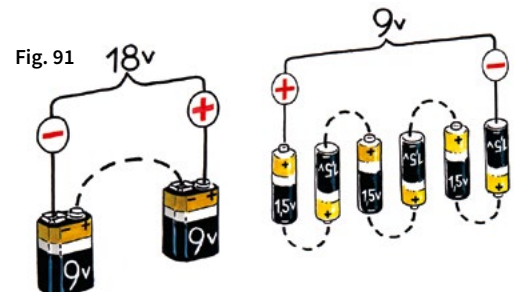


Fig. 91

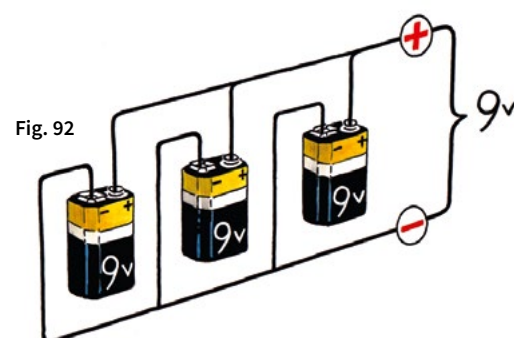


Fig. 92

93. LA VITESSE DE PROPAGATION DES SIGNAUX ÉLECTRIQUES.

Le signal électrique peut, en 1 seconde, faire 7 fois le tour de la terre. La vitesse de propagation des courants ou des ondes électriques est de 300.000 km/sec (kilomètre par seconde). L'expérience illustrée à la fig. 93 est toutefois impossible; le dessin nous permettra simplement de nous rendre plus tangible l'idée de cette vitesse

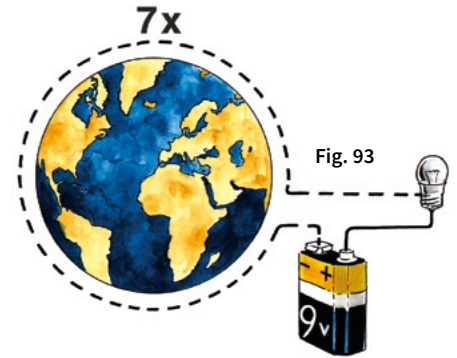


Fig. 93

94. EXPÉRIENCE DE CONDUCTIBILITÉ.

Au moyen des accessoires contenus dans notre boîte, nous réalisons un appareil qui nous permettra de contrôler la conductibilité de différentes matières. La fig. 94 nous montre comment nous devons construire notre appareil.

a) Epreuve de base

Nous posons sur les 2 plaques l'objet dont nous désirons éprouver la conductibilité; ainsi nous fermons le circuit. Si l'ampoule s'éclaire, c'est que l'objet que nous avons soumis à notre essai est un bon conducteur électrique. Nous essayons successivement : du plomb, un carton, le rhéostat de notre boîte. Aucun de ces objets ne provoque l'illumination de l'ampoule; ce qui pourrait nous faire supposer qu'il s'agit d'objets isolants. Ce n'est toutefois pas le cas, car, dans l'expérience n.18, nous avons pourtant constaté que le crayon provoquait la décharge d'un électroscope. Comment pouvons-nous expliquer cette contradiction?

La tension utilisée dans la présente expérience est de 9V, tandis que dans l'expérience n.18, il s'agissait de quelques centaines de volts. Ce n'est donc pas seulement la composition des différents objets qui peut nous renseigner sur leur bonne ou mauvaise conductibilité. Il faut d'ailleurs dire qu'il n'y a pas de conducteurs ou d'isolants parfaits : on peut uniquement parler de "bons" conducteurs ou de "bons" isolants. Parmi les bons conducteurs, nous pouvons citer l'argent, le cuivre, l'aluminium; par contre, dans les bons isolants, nous trouvons le verre, le caoutchouc, la porcelaine et le polyvinyl.

b) Dans l'appareil décrit à la figure précédente, nous remplaçons l'ampoule par le galvanomètre et nous essayons à nouveau la conductibilité du fil de notre rhéostat. L'aiguille de notre galvanomètre dévie immédiatement, ce qui prouve que le fil de constantan transporte le courant, mais pas aussi bien que le fil de cuivre.

c) Essayons maintenant la conductibilité d'une pomme de terre. Nous en choisissons une, nous la coupons en deux et nous plaçons une des moitiés avec sa face plate sur l'une des plaques de notre boîte. L'ampoule ne s'éclairera probablement pas, mais l'aiguille du galvanomètre déviara, ce qui nous prouve la conductibilité de la pomme de terre. Elle laisse passer d'autant plus de courant que les surfaces en contact sont grandes et que la pression est plus forte. En aucun cas, nous ne pouvons toucher des fils dénudés, ceux-ci pouvant bien être des fils à haute tension ou des fils téléphoniques ou télégraphiques.

Il est très dangereux de toucher des fils à haute tension avec les mains humides ou objets humides que nous tenons en main (par exemple, le fil humide des cerfs-volants).

Accessoires nécessaires : 2 x 5, 2 x 6, 4 x 7, 8,14, 23, 24, 33, 35, une pile et divers objets.

95. LA RÉSISTANCE D'UN CONDUCTEUR

a) Nous fermons le circuit en reliant l'ampoule, le bobinage et la pile, comme indiqué à la fig. 95. L'ampoule brûle très légèrement. Il est évident que le long et fin fil du bobinage ne laisse pas passer autant de courant que le fil plus épais et plus court. Le fil offre une résistance au passage du courant.

Nous pouvons faire la même expérience avec le galvanomètre et la bobine ou solénoïde.

b) Nous fermons le circuit en raccordant l'ampoule, le bobinage et la pile. L'ampoule s'éclaira très légèrement. Nous observerons toutefois un autre phénomène.

Nous interrompons le circuit ! L'ampoule s'éteint. Est-ce que l'ampoule s'éclairera à nouveau lorsque nous aurons établi la liaison ?

Non. L'ampoule met un certain temps avant qu'elle ne recommence à brûler. Non seulement le long fil du bobinage offre une résistance au passage du courant, mais de plus, la fermeture du circuit provoque dans le bobinage un courant induit, qui lui aussi, s'oppose au passage du courant. C'est de là que provient le retard. C'est la résistance inductive, à l'opposé de celle galvanique offerte par le fil lui-même.

Accessoires nécessaires : 4 x 7, 8, 11, 14, 33, 35 et une pile.

96. LA RÉSISTANCE RÉGLABLE OU RHÉOSTAT.

Nous avons dans notre boîte une pièce appelée résistance ou rhéostat. Elle est constituée par un fil de constantan bobiné sur une plaquette en matière isolante. Le fil de constantan offre une grande résistance au passage du courant électrique. Nous fermons le circuit au moyen du rhéostat, de l'ampoule et de la pile, comme indiqué à la fig. 96. Si nous déplaçons la fiche K dans un sens ou dans l'autre, l'ampoule s'éclaira plus fort ou moins fort au fur et à mesure que nous diminuons ou allongeons la résistance.

Accessoires nécessaires : 2 x 5, 2 x 6, 3 x 7, 8, 14, 30, 33, 35 et une pile.

97. LA RÉSISTANCE CHAUFFANTE ÉLECTRIQUE.

Nous formons un circuit au moyen d'une pile et d'un pôle de notre rhéostat (fig. 97). Le courant, en passant dans le fil, provoque l'échauffement de celui-ci. Nous disposons ainsi d'une petite résistance chauffante électrique. De nombreux appareils domestiques fonctionnent selon ce même principe : le fer à repasser, le radiateur, le réchaud électrique, le chauffe-eau électrique, etc. Dans ces appareils, l'énergie électrique est transformée en chaleur.

Accessoires nécessaires : 2 x 5, 2 x 6, 2 x 7, 8, 28, 30, 33 et une pile.

98. L'ALLUMEUR ÉLECTRIQUE.

Dans une planchette, nous enfonçons 2 clous distants de 1 cm. Nous les relierons par un fil de fer de 0,1 mm de diamètre. Nous saupoudrons le fil avec du soufre récolté sur quelques têtes d'allumettes. Nous raccordons la pile aux clous, comme indiqué à la fig. 98. Aussitôt, le soufre s'enflamme. Sous l'effet du courant électrique, le fil de fer a chauffé et mis feu au soufre. C'est ce système qu'on utilise dans les carrières et dans les mines pour faire sauter les charges explosives. Expérience à réaliser sur une surface ininflammable.

Accessoires nécessaires : 2 x 7, 33, du fil de fer, un petite planche en bois, deux clous et une pile

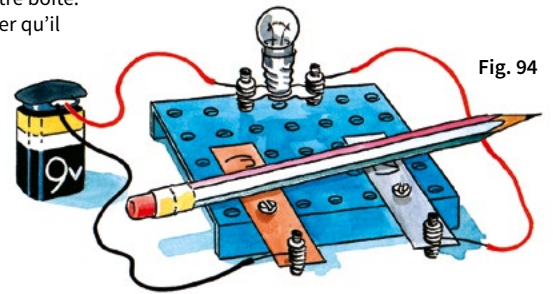


Fig. 94

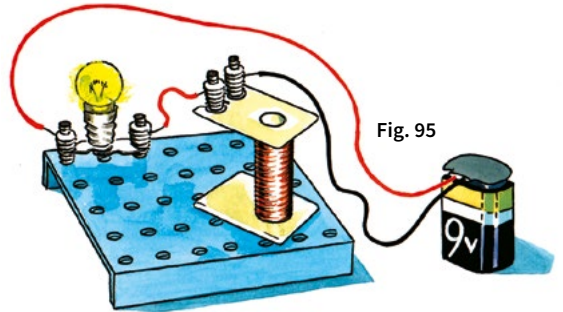


Fig. 95

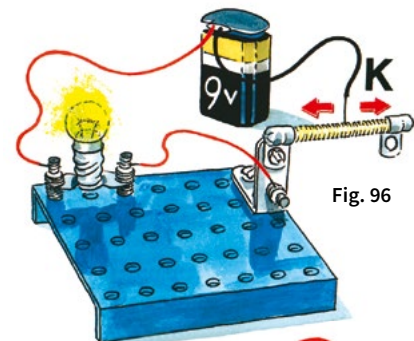


Fig. 96

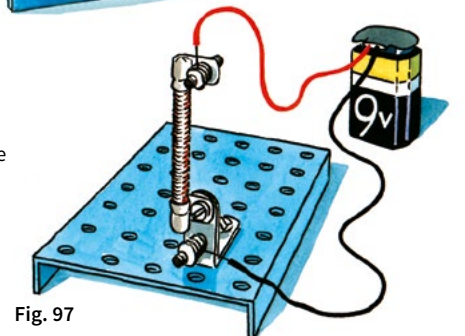


Fig. 97

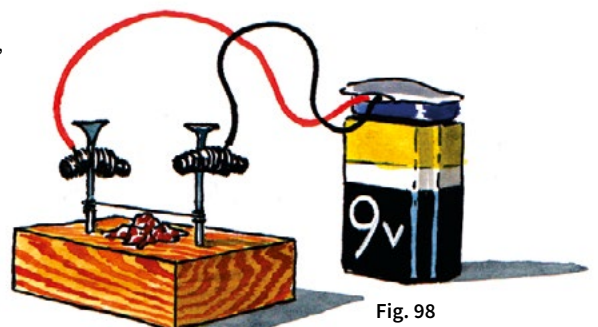


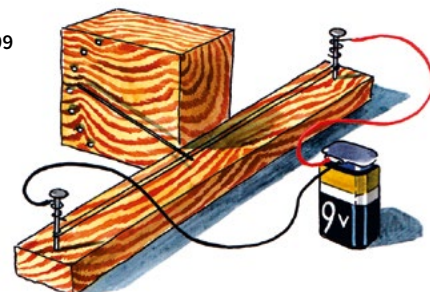
Fig. 98

99. L'AMPÈREMÈTRE RÉALISÉ AVEC UN FIL CHAUFFANT.

Dans une planchette de 20 à 25 cm et de 3 cm de largeur, nous enfonçons 2 clous. Entre eux, nous tendons un double fil de constantan de 0,2 mm de diamètre. Comme aiguille indicatrice, nous utilisons une fine baguette en bois ou en papier. Nous avons ainsi préparé un ampèremètre avec un fil chauffant. Dès que nous envoyons le courant dans nos deux clous au moyen de la pile, l'aiguille dévient, parce que le fil s'échauffe et de ce fait s'allonge.

Accessoires nécessaires : 33, 37, un petite planche en bois, deux clous, un bâtonnet et une pile.

Fig. 99

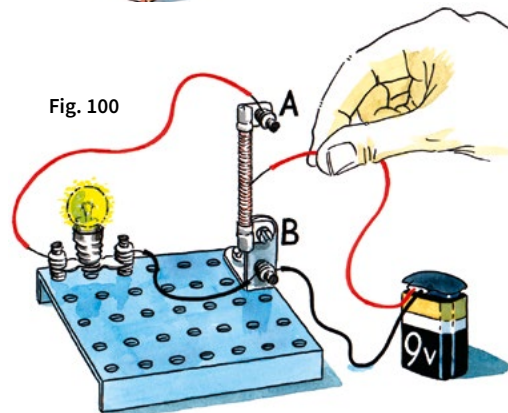


100. LE POTENTIOMÈTRE.

Nous formons un circuit au moyen d'une ampoule, de la résistance et de la pile (fig. 100). Dans cette expérience, la résistance sert de potentiomètre. Nous faisons les expériences suivantes: Au moyen de l'extrémité libre du fil, venant de la pile, nous touchons le potentiomètre au point A. L'ampoule s'éclaire très fort. Si nous descendons de A vers B, l'éclairage de l'ampoule diminuera de plus en plus jusqu'à s'éteindre totalement. En passant par la résistance, la tension de 9V de la pile tombe régulièrement. Lorsque nous faisons la liaison en A, l'ampoule est reliée directement à la pile et reçoit donc une tension de 9V. Lorsque nous glissons le contact vers le bas, la tension diminue tandis que la résistance augmente. A mi-chemin entre A et B, il n'y a plus que 4,5V, tandis qu'en B, la tension est devenue nulle.

Accessoires nécessaires : 5, 6, 4 x 7, 8, 14, 28, 30, 33, 35 et une pile.

Fig. 100



101. LA LOI D'OHM

Nous relierons 3 piles de 1,5V en série, comme dans l'expérience 91, et nous faisons la liaison avec l'ampoule (fig. 101). Lorsque nous la raccordons seulement à la première pile (1,5V), l'ampoule brûle faiblement. Avec la deuxième pile raccordée, la tension augmentera (1,5V x 2=3V), et l'ampoule brûlera plus fort. Avec les 3 piles raccordées, l'ampoule brûlera encore plus fort, parce que la tension a encore augmenté (1,5V x 3=4,5V).

Nous pouvons continuer ainsi jusqu'à 8 piles (8 x 1,5 V = 12 V). L'ampoule est prévue pour un voltage de 12 V.

Dans cette expérience, nous avons appris que l'intensité croissait en fonction inverse de la résistance. Dans l'expérience no. 96, nous avons appris que plus faible est la résistance du fil, plus puissante est la tension.

La puissance du courant dépend donc de la tension de la source de celui-ci et de la résistance du fil ou appareil consommateur de courant. Plus puissante est la tension et plus faible est la résistance, plus puissant sera le courant.

Ceci est la Loi d'Ohm.

Si nous désignons la puissance, la tension et la résistance par les symboles internationaux:

I = l'intensité (mesurée en ampères - A)

U = la tension (mesurée en volts - V)

R = la résistance électrique (mesurée en ohms - Ω), Il s'ensuit que:

I = U / R

$$\frac{U}{I \times R}$$

Si maintenant dans cette formule, nous couvrons du doigt le symbole indiquant la valeur que nous désirons déterminer, nous constaterons que

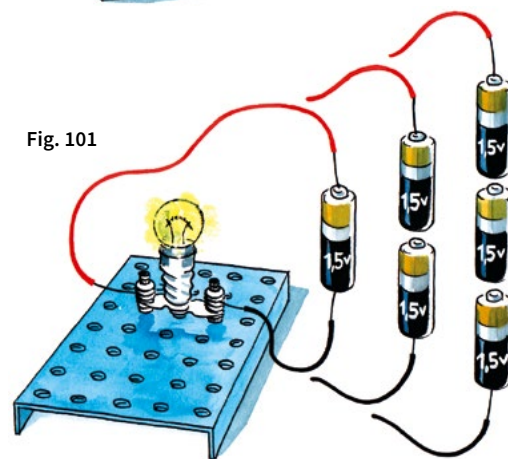
I = U/R

U = I x R

R = U/I

Accessoires nécessaires : 2 x 7, 8, 14, 33, 35 et trois piles.

Fig. 101

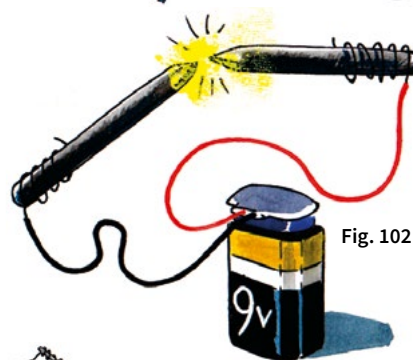


102. L'ARC ÉLECTRIQUE.

Nous taillons en pointe les extrémités des deux bâtons de charbon, nous les raccordons à notre pile, comme indiqué à la fig. 102. Nous rapprochons les 2 pointes jusqu'à ce qu'elles se touchent et nous les séparons immédiatement après. Entre les 2 pointes, nous percevons alors un petit mais très lumineux arc électrique. Nous répétons le même exercice avec 2 ou plusieurs piles et sous l'eau ! L'arc électrique était utilisé dans les premiers projecteurs pour le tournage de films. A l'époque, on utilisait cette application aussi dans le système d'éclairage

Accessoires nécessaires : 33, deux bâtonnets de carbone et une pile.

Fig. 102

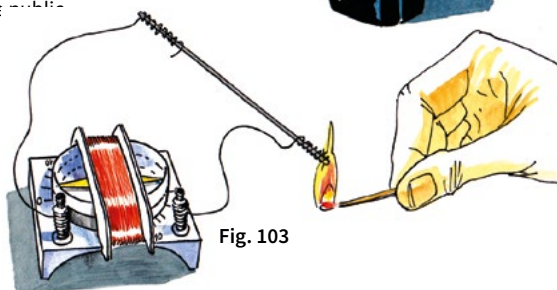


103. PILES THERMOÉLECTRIQUES.

Aux 2 extrémités d'une baguette de fer de 12 à 13 cm de longueur, nous enroulons à plusieurs tours 2 bouts de fil de constantan de 0,2 mm de diamètre. Les extrémités du fil restées libres, sont attachées aux bornes du galvanomètre (fig. 103). Dès que les aiguilles se sont arrêtées (l'aiguille jaune doit se trouver en position 0), nous chauffons un des points de raccord. L'appareil que nous avons construit trouve de larges applications en technique sous le nom de piles thermoélectriques; surtout pour la mesure des hautes températures dans les aciéries ou dans l'industrie de la porcelaine.

Accessoires nécessaires : 1, 2 x 7, 9, 34, 37 et des allumettes.

Fig. 103



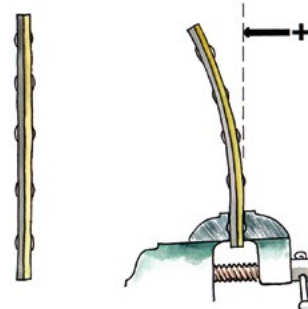
104. LES LAMES BIMÉTALLIQUES

Nous prenons un morceau de tôle de fer de 1 cm x 10 cm et un morceau de même dimension de zinc ou d'aluminium. Nous les posons l'un sur l'autre, et les rivetons ensemble. Si nous les prenons avec une pince par une extrémité et les réchauffons, la lame se courbe, parce que le zinc a un plus grand coefficient de dilatation que le fer.

Les lames bimétalliques sont utilisées dans les thermostats. Ce sont des appareils électriques qui, à une température fixée à l'avance et réglable, interrompent un circuit électrique. Aussitôt que la température aura à nouveau baissé (ou augmenté), le thermostat rétablit le circuit (fig. 104, à droite). C'est ce système qui est utilisé pour les frigos, les radiateurs, les cuisinières électriques, les chauffe-eaux.

Accessoires nécessaires : de la tôle de fer et de zinc, des rivets.

Fig. 104



105. CALCUL DES RÉSISTANCES AU MOYEN DU PONT DE WHEATSTONE.

L'importance de la résistance d'un conducteur peut être calculée au moyen du " Pont de Wheatstone ", dont nous trouvons le schéma à la fig. 105. Nous allons en construire un de la façon suivante :

a) Nous prenons une planchette de 60 cm de longueur et de 8 cm de largeur; nous y enfonçons 2 clous distants de 50 cm; nous tendons entre eux, un fil de constantan de 0,2 mm de diamètre, nous raccordons les extrémités de celui-ci aux 2 bornes du galvanomètre et nous tournons de manière à ce que l'aiguille jaune se trouve en position 0.

b) Les autres éléments du pont sont : la résistance R (la pièce n.33 de notre boîte) dont nous savons que sa résistance est de 70 ohm, le bobinage dont nous désirons calculer la résistance et la pile. La liaison de ces pièces entre elles est indiquée à la fig. 105.

c) Au moyen du fil venant de la pile, nous établissons un contact sur le fil de résistance tendu entre les clous. L'aiguille du galvanomètre dévie. Elle déviéra aussi lorsque le contact est établi en différents endroits. Toutefois, nous trouvons un endroit où l'aiguille du galvanomètre ne réagit plus. Nous marquerons ce point et nous l'appellerons "C".

Nous supposons maintenant que ce point "C" ne se trouve pas au centre du fil et que, par conséquent, les longueurs "d1" et "d2" ne sont pas égales. Nous les mesurons et nous supposons que d1 = 30 cm et d2 = 20 cm.

Nous pouvons alors calculer la résistance du bobinage (X) par la formule:

$$X = R \times d1/d2$$

$$X = 70 \times 30/20 \Omega$$

$$X = 105 \Omega$$

Donc, le bobinage a une résistance de 105 ohm. Pour ceux qui désireraient approfondir la question, nous les prions de consulter les livres de physique.

Accessoires nécessaires: 1, 6 x 7, 11, 30, 33, 34, 37, une pile, un planche en bois et deux clous.

106. LA RELATION ENTRE LA RÉSISTANCE D'UN CONDUCTEUR ET SA TEMPÉRATURE.

a) Nous enfonçons 2 clous dans une planchette et nous tendons entre eux une petite spirale en fil de fer de 0,1 mm de diamètre. Nous raccordons ensemble la spirale, l'ampoule et la pile de façon à former un circuit fermé, (comme fig. 106.)

Dès que le circuit est établi, l'ampoule s'éclaire; toutefois, sa luminosité diminuera au fur et à mesure que nous réchaufferons la spirale en fil de fer, ce qui prouve que la résistance de ce fil augmente en fonction du relèvement de la température.

b) Nous recommençons l'expérience en utilisant le fil de constantan à la place du fil de fer. La résistance de ce fil reste constante quelle que soit la température.

Accessoires nécessaires: 4 x 7, 14, 33, 35, un planche de bois, deux clous, du fil de fer, une bougie et une pile.

ELECTROMAGNETISME

107. L'ÉLECTRO-AIMANT.

Sur le noyau en fer doux contenu dans notre boîte, nous enroulons 20 à 30 tours de fil de cuivre isolé et nous relierons les 2 extrémités de celui-ci aux bornes de la pile. Pour une meilleure conductibilité, nous dénudons les 2 extrémités du fil de cuivre. Nous plongeons une des extrémités du noyau dans la limaille de fer. Dès que le circuit électrique est fermé, le noyau devient magnétique et il attire la limaille; par contre, lorsque nous coupons le circuit électrique, notre noyau perd immédiatement son magnétisme. Nous venons de découvrir l'électro-aimant.

AVERTISSEMENT! :

- La pile est en court-circuit
- Connectez la pile pour un bref instant – juste le temps de comprendre l'expérience
- Soyez prudent afin de ne pas vous brûler les doigts.

Accessoires nécessaires : 3, 2 x 7, 9, 33, 36 et une pile.

108. LA DÉCOUVERTE DE OERSTED.

Comme ce fut le cas pour beaucoup de découvertes, celle de l'électro-aimant fut totalement fortuite. C'est ainsi que le physicien danois Oersted remarqua un jour qu'une aiguille aimantée déviait dès qu'il se trouvait dans ses environs, un fil parcouru par le courant électrique. Nous allons renouveler cette découverte.

Au dessus de l'aiguille de la boussole, nous posons un fil dont nous relierons les 2 extrémités pendant un court moment aux 2 bornes d'une pile; aussitôt, l'aiguille dévie et reste déviée jusqu'au moment où on interrompt le circuit; à cet instant, elle retourne à sa position initiale. Si nous inversons les pôles de la pile, l'aiguille déviéra dans le sens opposé.

AVERTISSEMENT! :

- La pile est en court-circuit
- Connectez la pile pour un bref instant – juste le temps de comprendre l'expérience
- Soyez prudent afin de ne pas vous brûler les doigts.

Accessoires nécessaires : 33, 34 et une pile.

109. L'ADDITION DES CHAMPS MAGNÉTIQUES (SUPERPOSITION).

Nous enroulons plusieurs tours de fil de cuivre isolé autour de notre boussole et nous relierons ses 2 extrémités, l'espace d'un instant, avec les bornes de la pile. L'aiguille dévie à chaque mise sous tension et elle dévie d'autant plus fort que le nombre de tours de fil est élevé. Il est donc évident que chaque tour de fil électrique provoque son propre champ magnétique et que ces différents champs s'additionnent. C'est d'après ce principe que fonctionne le galvanomètre ainsi que tous les électro-aimants.

Accessoires nécessaires : 2 x 7, 33, 34, 36 et une pile.

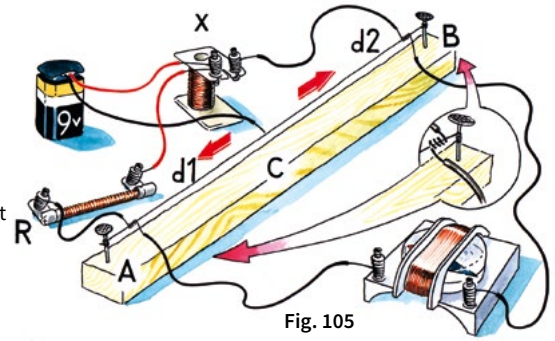


Fig. 105

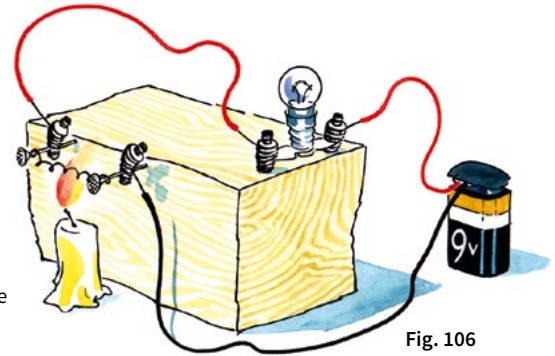


Fig. 106



Fig. 107

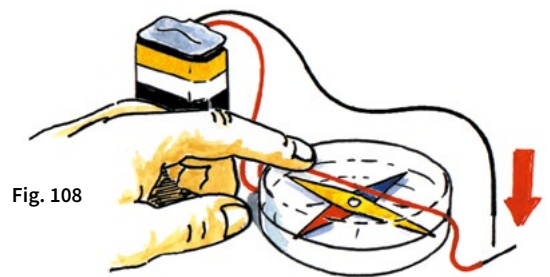


Fig. 108

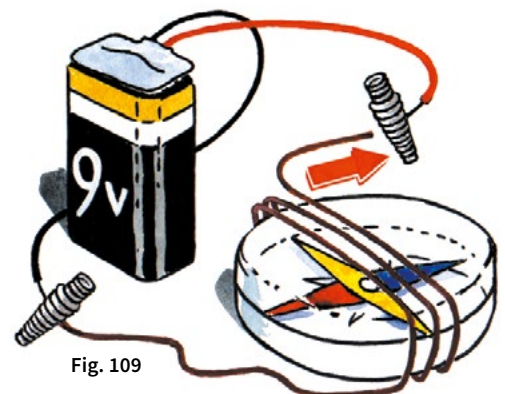


Fig. 109

110. LE CHAMP ÉLECTRIQUE D'UN FIL CONDUCTEUR TRAVAILLE DE LA MÊME MANIÈRE QU'UN CHAMP MAGNÉTIQUE.

a) Comme il est indiqué à la fig. 110, nous passons un fil de cuivre au travers d'une assez grande feuille de carton. Nous relierons le fil à la batterie, afin de nous permettre de mesurer le champ magnétique du fil de cuivre, au moyen de notre boussole. Nous désirons connaître la portée et la puissance du champ électrique.

L'expérience se fait de la façon suivante : nous fermons et nous ouvrons continuellement le circuit électrique tandis que nous approchons plus ou moins la boussole; la déviation de l'aiguille à chaque fermeture du circuit nous renseignera sur la puissance du champ électrique.

b) Nous pouvons aussi essayer la puissance du champ du fil conducteur en saupoudrant le carton avec de la limaille de fer et en tapotant légèrement celui-ci.

Accessoires nécessaires : 3, 34, 36, du carton et une pile.

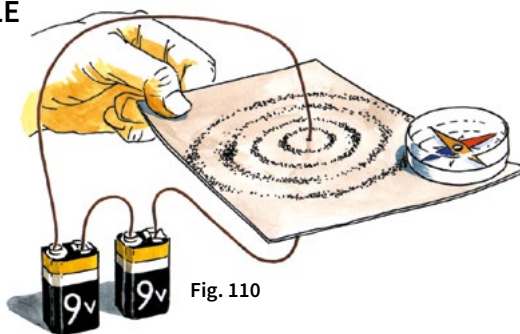


Fig. 110

111. NOTRE BOBINAGE PEUT SERVIR D'ÉLECTRO-AIMANT.

Notre boîte contient un bobinage qui comporte 1000 tours de fil de cuivre isolé. Nous le plaçons à environ 10 cm de la boussole et nous y faisons passer le courant de la pile (fig. 111). Dès que le courant est établi, l'aiguille de la boussole dévie aussi longtemps que le courant passe dans le bobinage. Dès la rupture du circuit électrique, l'aiguille revient à sa place initiale.

Accessoires nécessaires : 2 x 7, 11, 33, 34 et une pile.

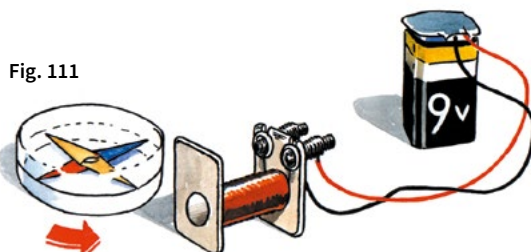


Fig. 111

112. LE BOBINAGE AVEC UN NOYAU DE FER DOUX.

Nous recommençons l'expérience n.111 et nous prenons note de l'angle de déviation de l'aiguille de la boussole. Nous coupons le courant et nous glissons la barre de fer doux (surtout ne pas utiliser l'aimant n.8) dans le trou central du bobinage. Nous rétablissons le courant et nous remarquons que l'aiguille de la boussole dévie beaucoup plus que la première fois. Nous en déduisons donc que le noyau de fer doux augmente le magnétisme du bobinage.

Accessoires nécessaires : 2 x 7, 11, 16, 33, 34 et une pile.

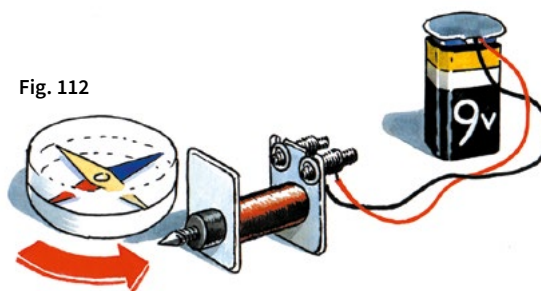


Fig. 112

113. L'ÉLECTRO-AIMANT VERTICAL.

Nous prenons le socle en matière plastique et nous fixons en son centre, au moyen d'un écrou, le noyau en fer doux; nous y enfilons le bobinage et nous raccordons celui-ci à la pile: l'électroaimant vertical est prêt (fig.113). Par des essais successifs, nous pouvons nous rendre compte que l'électro-aimant attire le fer dès que le courant est établi. Par contre, dès l'interruption de celui-ci, il perd sa puissance; il reste tout au plus un léger magnétisme rémanent.

Accessoires nécessaires : 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 33, 34 et une pile plate.

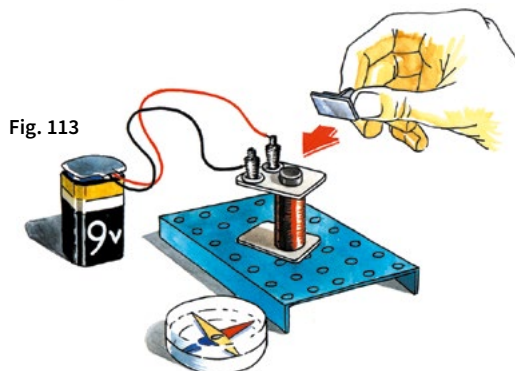


Fig. 113

114. L'ÉLECTRO-AIMANT EN FORME DE U.

Nous reprenons le noyau en fer doux; nous glissons le cadre sur la tige filetée et nous fixons le tout au centre du socle en plastique (fig. 114). Sur le noyau, nous enfilons le bobinage; dès que nous y envoyons le courant de la pile, nous obtenons un électro-aimant beaucoup plus puissant que celui de l'expérience n.113 quoique ce soit le même bobinage et la même pile. Dans cette expérience-là, il nous était impossible de soulever le tout au moyen de l'équerre allongée; or, maintenant, nous pouvons le faire aisément. Pourquoi cette construction-ci est-elle plus puissante ?

Accessoires nécessaires : 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, 34 et une pile.

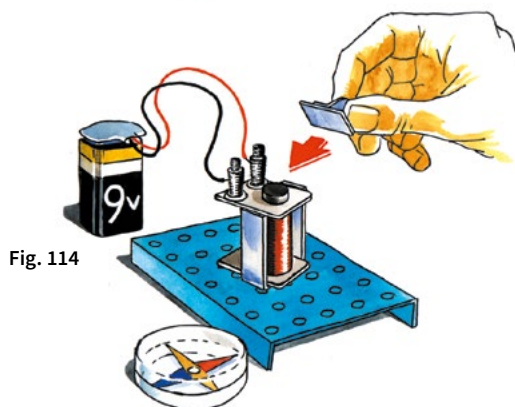


Fig. 114

115. UN ÉLECTRO-AIMANT DE LEVAGE.

Les pièces contenues dans notre boîte nous permettent aisément de construire un tel électro; nous prenons simplement le montage du n.114 sans le socle, ainsi que le montre la fig.115. Nous descendons l'aimant dans la boîte contenant les vis et les écrous; nous le remontons : toutes les vis et les écrous y restent attachés et nous pouvons les transporter ainsi en un autre endroit. Il suffira d'interrompre le courant pour que tous les objets transportés retombent.

Accessoires nécessaires : 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 33, des objets en fer et une pile.

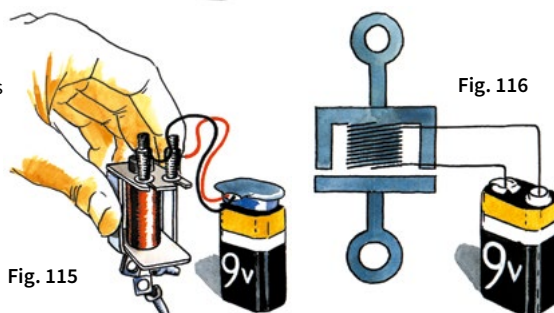


Fig. 115

116. ELECTRO-AIMANT DE LEVAGE, ANNULAIRE.

Pour réaliser cette expérience, il faut disposer d'un atelier permettant de fabriquer des pièces mécaniques. Nous prenons une barre de fer de 60 mm de diamètre; nous en coupons une tranche de 30 mm d'épaisseur et sur une de ses faces, nous faisons une rainure circulaire de 9 mm de largeur sur 20 mm de profondeur. Dans cette rainure, nous faisons un bobinage de 1000 tours de fil de cuivre isolé de 0,3 mm d'épaisseur, que nous passons au travers du métal dans des trous soigneusement isolés. La fig. 116 nous donne le dessin en coupe de l'ensemble. Dans la même barre de fer, nous prélevons encore une tranche de 10 mm d'épaisseur qui servira d'armature d'induit. Avec le seul courant de notre pile, nous pourrions soulever jusqu'à 15 dag. On utilise le même système pour fabriquer des aimants de levage pour des charges de plusieurs tonnes.

Accessoires nécessaires : une barre de fer, du fil de cuivre isolé, une pile plate.

Fig. 116

117. QUEL EST L'AIMANT LE PLUS PUISSANT?

Notre boîte contient 2 aimants : celui fabriqué en alliage AlNiCo qui est un aimant permanent et l'électro-aimant dont nous venons de faire la connaissance. Lequel des 2 est plus puissant? Pour nous en faire une idée, nous reprendrons l'expérience n.48b, dans laquelle nous avons fait l'essai de la puissance de l'aimant. Nous illustrons à nouveau cette expérience dans la partie gauche de la fig.117. Sur le plateau, nous posons autant de poids que l'aimant peut supporter. Nous recommençons la même expérience mais en utilisant notre électro-aimant (fig.117, à droite). Nous constatons immédiatement que ce dernier peut soutenir un poids beaucoup plus élevé.

Accessoires nécessaires : 6, 2 x 7, 10, 11, 16, 17, 18, 33, un carton, du fil et une pile.

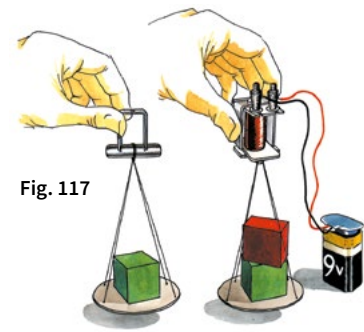


Fig. 117

118. LE SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE.

a) Au milieu d'un carton de la dimension d'une carte postale, nous découpons une fenêtre rectangulaire de 32 mm x 22 mm, dans laquelle nous engageons à moitié notre bobinage. Nous raccordons celui-ci à la pile et, sur le carton, nous saupoudrons de la limaille de fer. Comparons ce spectre électromagnétique avec celui de l'aimant permanent de l'expérience n.40.

b) Nous recommençons la même expérience, mais, cette fois, nous glissons le noyau de fer doux dans le bobinage.

Accessoires nécessaires : 3, 2 x 7, 11, 16, 33, du carton et une pile.

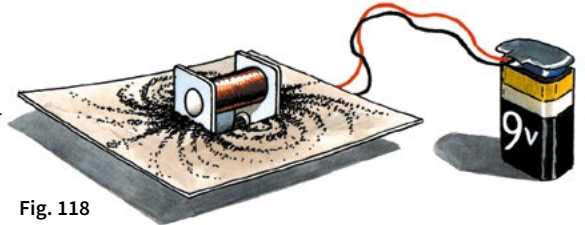


Fig. 118

119. LE BOBINAGE ET UN CLOU.

Nous raccordons notre bobinage à la pile (fig.119). Dans le trou central du bobinage, nous glissons un clou de dimension moyenne. Lorsque nous soulevons le bobinage, le clou ne tombe pas. Il y a en effet 2 puissances qui ont un effet sur le clou : la pesanteur et le magnétisme. Nous constatons donc que celui-ci l'emporte.

Accessoires nécessaires : 2 x 7, 11, 33, un clou et une pile.

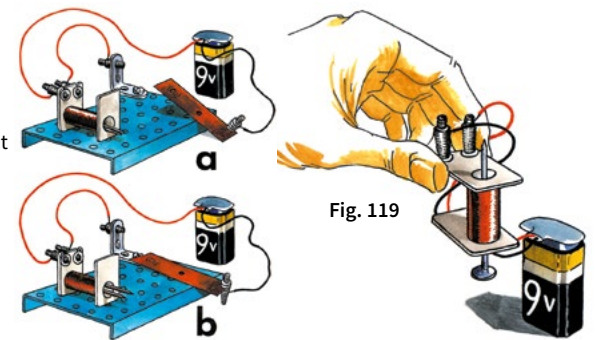


Fig. 120

120. LE BOBINAGE ET 2 CLOUS.

Nous déposons le bobinage sur un morceau de bois ou sur notre socle en plastique; nous introduisons dans le trou central du bobinage, deux clous dont nous aurons préalablement coupé les têtes au moyen d'une tenaille ou d'une pince coupante. Le bobinage et la pile forment un circuit électrique et nous remarquons que les clous bougent lorsque nous ouvrons ou fermons le circuit. Lorsque celui-ci est ouvert, le courant est coupé et les clous reposent sur le fond du tube central (voir fig. 120a); par contre, lorsque nous envoyons du courant dans le bobinage, les clous prennent la position indiquée à la fig.120b : les clous s'écartent violemment l'un de l'autre; ils sont magnétisés et, comme ils ont les mêmes pôles aux mêmes endroits, ils se repoussent mutuellement.

Accessoires nécessaires : 5, 6, 4 x 7, 8, 11, 24, 28, 33, deux clous et une pile.

121. UN AMPÈREMÈTRE À FER DOUX.

Nous glissons un clou dans le tube central du bobinage et nous l'attachons à celui-ci comme l'indique la fig.121 (à droite du bobinage). Nous fabriquons une petite équerre au moyen de 2 bandelettes de fer blanc : la première mesure environ 40 mm x 5 mm, tandis que la seconde mesure environ 60 mm x 2 mm et 0,2-0,4 mm d'épaisseur. Nous fixons la plus longue au bout de l'autre, comme l'indique la fig.121, à gauche. Nous tordons la fine bandelette légèrement vers la gauche et nous glissons la plus large dans le tube du bobinage. Dès que nous envoyons le courant, le clou et la bande de fer-blanc sont magnétisés de même polarité : ils se repoussent et l'amplitude de ce mouvement dépend de l'intensité du courant qui passe dans les fils. Il nous est possible d'étalonner notre appareil au moyen d'un véritable ampèremètre et de dessiner une échelle d'intensité sur le socle en bois.

Accessoires nécessaires : 2 x 7, 11, 33, deux morceaux de feuille de métal, un morceau de bois, un clou, un morceau de élastique et une pile.

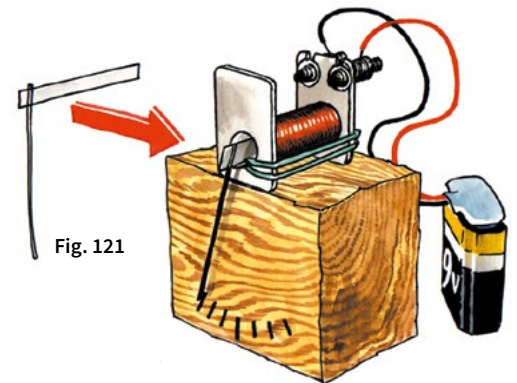


Fig. 121

122. UNE AUTRE FAÇON DE CONSTRUIRE UN AMPÈREMÈTRE.

Nous tournons notre fil de constantan autour d'un clou de façon à ce qu'il prenne la forme d'un ressort possédant environ 20 spires. A ce ressort, nous suspendons le noyau en fer doux que nous aurons préalablement glissé dans le tube du bobinage (voir fig.122). Lorsque nous raccordons ce dernier à la pile, le noyau est attiré et cette attraction est d'autant plus forte que l'intensité du courant qui y est envoyé est plus grande. Il suffit alors de nous construire une aiguille et une échelle graduée que nous pourrions étalonner comme à l'expérience précédente.

Accessoires nécessaires : 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 2 x 20, 28, 33, 37 et une pile.

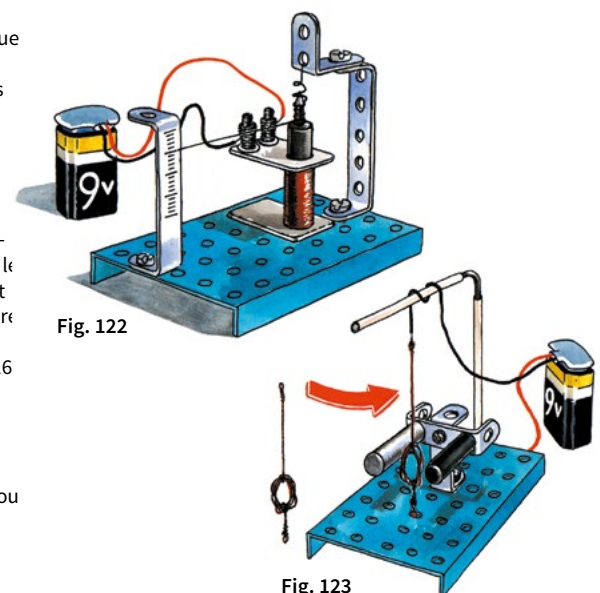


Fig. 122

123. UN INSTRUMENT À CADRE MOBILE.

Sur notre socle en plastique, nous fixons une petite équerre double et, sur le haut de celle-ci, nous en fixons une seconde parallèlement au socle. Nous fixons l'aimant permanent et le noyau en fer doux dans les 2 trous extérieurs. De cette façon, nous avons réalisé un aimant permanent en forme de fer à cheval et possédant un très puissant champ magnétique entre ses extrémités.

Entre celles-ci, nous suspendons un bobinage réalisé au moyen de fil de laiton isolé de 0,16 mm de diamètre et possédant 10 à 12 tours. La fig.123, à gauche, indique la façon de le construire et de le suspendre. Les fils de suspension sont en fil de cuivre non isolé dont l'extrémité supérieure est reliée au pôle positif de la pile, tandis que l'extrémité inférieure est reliée à son pôle négatif. Les fils de suspension servent donc en même temps de fil d'alimentation. Dès que nous établissons le courant, le bobinage tournera vers la gauche ou vers la droite suivant l'emplacement des pôles du courant électrique. C'est d'après ce principe que fonctionnent les instruments de mesure électrique de précision. La rotation du bobinage explique l'expérience suivante.

Accessoires nécessaires : (20), 2 x 5, 3 x 6, 10, 16, 2 x 29, 33, 36 et une pile.

124. UN FIL CONDUCTEUR DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE.

Sur le socle en plastique, nous fixons une petite équerre double et sur celle-ci, nous attachons le noyau en fer doux et l'aimant permanent. Dans le champ magnétique du fer à cheval formé par ces 2 pièces, et au moyen de 2 fils de cuivre non isolés d'environ 10 cm, nous suspendons la tige filetée sans les écrous. Nous utilisons pour cela, la potence réalisée à l'expérience n.20. Lorsque nous envoyons le courant dans le circuit, la tige filetée (qui est ici notre fil conducteur) dévie dans un sens ou dans l'autre, suivant la polarité aux 2 fils de suspension. Nous expliquons cette réaction comme suit: il y a un puissant champ magnétique entre les 2 branches du fer à cheval, mais il s'en crée un également autour de la tige filetée dès qu'elle est parcourue par un courant électrique. Ainsi que nous le savons déjà, les champs magnétiques s'attirent ou se repoussent exactement de la même manière que les aimants, c'est-à-dire, d'après leurs polarités. Cette expérience est très importante pour la compréhension du fonctionnement du moteur électrique.

Accessoires nécessaires: (20), 5, 2 x 6, 10, 12, 16, 29, 33, 36 et une pile.

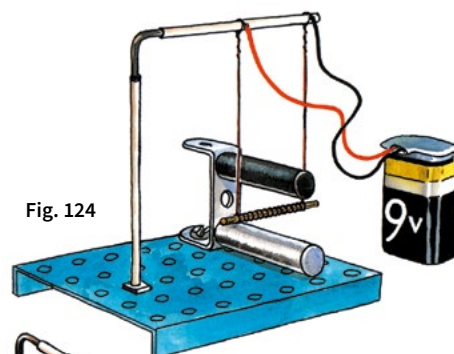


Fig. 124

125. BLOCAGE DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉLECTRO-AIMANT.

Nous fixons le bobinage sur le socle en plastique et, au moyen de la potence de l'expérience n.20, nous suspendons devant lui, avec un fil de coton, à une distance d'environ 1 cm, une petite équerre double. Dès que nous envoyons le courant dans le bobinage, celui-ci attire l'équerre. Ensuite, à titre d'essai, nous plaçons entre le bobinage et l'équerre différents matériaux, tels que : de la tôle de cuivre, de la tôle de zinc, du carton, du verre, de la tôle de fer, etc... De cette façon nous pouvons déterminer quels sont les matériaux qui n'influencent pas le champ magnétique et ceux qui bloquent son effet sur l'équerre suspendue.

Accessoires nécessaires: (20), 5, 2 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 28, 29, 33, un fil de coton et une pile.

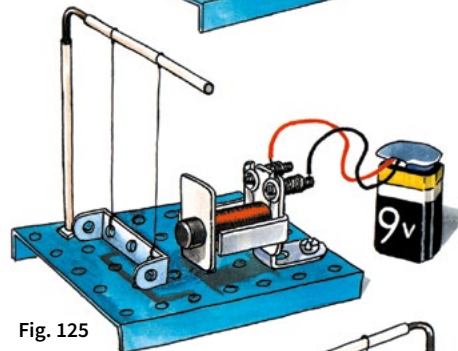


Fig. 125

126. LE FREIN ÉLECTRIQUE.

Nous utilisons à nouveau la potence de l'expérience n° 20 et nous y suspendons, avec un fil de coton, la sonnette en aluminium avec son ouverture vers le bas. Nous marquons un trait de repère sur le bord de la sonnette et en dessous de celle-ci, nous fixons l'électro-aimant.

a) Le courant n'étant pas établi, nous tournons la sonnette un certain nombre de fois dans le même sens et, l'ayant libérée, nous comptons le nombre de tours qu'elle fait pour revenir à son point de départ.

b) Nous établissons le courant (l'électro-aimant est donc sous tension) et nous faisons la même expérience. Nous constatons que l'électro-aimant freine la sonnette dans son mouvement de retour. Ceci est le principe du frein électrique qui trouve de larges applications dans la technique.

Accessoires nécessaires: (20), 6, 2 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 33, un fil de coton et une pile.

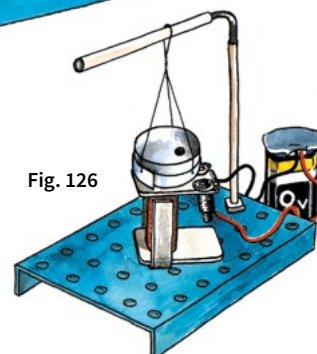


Fig. 126

L'ÉLECTRO-AIMANT DANS LA TECHNIQUE

127. LE TÉLÉGRAPHE MORSE.

Nous fixons l'électro-aimant sur le socle en plastique; il se compose du bobinage, du noyau en fer doux et du cadre de noyau. Au moyen d'une petite équerre double, d'une grande équerre double et d'une équerre simple, nous formons un assemblage où la grande équerre (K) sert de pôle d'attraction de l'électro-aimant. Au bout de l'équerre simple, nous introduisons un fin crayon qui reste en position verticale.

Nous raccordons le bobinage à la pile et aussitôt, l'électro-aimant attire la grande équerre. Dès que nous coupons le courant, le tout retourne à sa situation de départ. C'est le principe du télégraphe Morse car, à chaque impulsion longue ou brève, le crayon (O) trace une ligne ou un point sur une bande de papier (P) qui défile à une allure régulière. L'alphabet Morse est constitué d'ensembles de traits et de points qui représentent des lettres (voir expérience n° 85).

Accessoires nécessaires : 5 x 5, 6 x 6, 6 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 24, 2 x 28, 29, 33, une pile, un crayon et du papier.

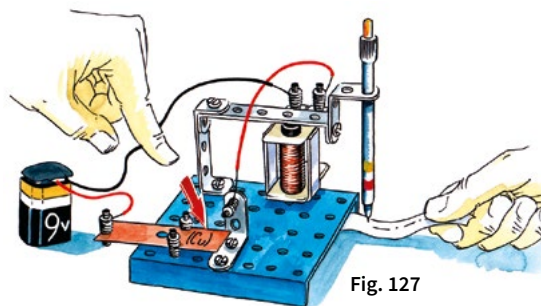


Fig. 127

128. L'INTERRUPTEUR MORSE.

Pour permettre l'utilisation simultanée de 2 appareils portant son nom, l'ingénieur Morse construisit un inverseur spécial qui rendait possible l'envoi ou la réception. Nous aussi, nous allons en construire un. Comme levier, nous prenons la plaque de cuivre contenue dans notre boîte; nous la fixons à une petite équerre double sur le bord du socle en plastique. A celui-ci, nous fixons également 2 vis, l'une à gauche, l'autre à droite; elles forment les 2 points de contact électrique (fig. 128). Cet interrupteur comporte 3 fils électriques de sortie, celui du centre étant le fil reliant les 2 appareils. Le fil de droite est relié à un pôle de la pile. En position de repos, le fil de gauche est ainsi relié au fil central. A l'expérience suivante, nous verrons comment fonctionnent 2 de ces appareils combinés.

Accessoires nécessaires : 7 x 5, 8 x 6, 7 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 23, 3 x 28, 29, 33 et une pile.

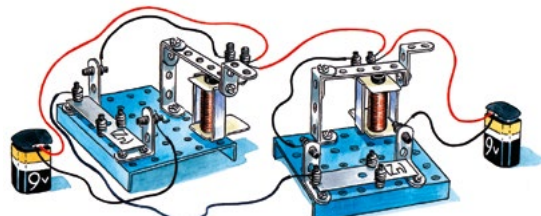


Fig. 128

129. SCHÉMA ÉLECTRIQUE DU TÉLÉGRAPHE MORSE.

Nous avons ici 2 télégraphes Morse avec 2 interrupteurs.

T = Appareil télégraphique

B = pile

K = Interrupteur

Z = Terre

Ce schéma était utilisé auparavant par exemple pour la liaison entre 2 stations de chemin de fer. Le schéma de cette expérience nécessite l'utilisation de 2 boîtes d'expériences. On peut placer un appareil dans une chambre et l'autre ailleurs; on télégraphie alors d'un endroit à l'autre. Deux fils forment la liaison; toutefois, un de ceux-ci peut être remplacé par les tuyaux d'eau ou de chauffage (terre). C'est ainsi que, là où le télégraphe est encore utilisé, un des 2 fils de liaison est remplacé par une plaque métallique enterrée qui réalise un contact avec la terre.

Accessoires nécessaires : deux télégraphes Morse, deux interrupteurs Morse et deux piles.

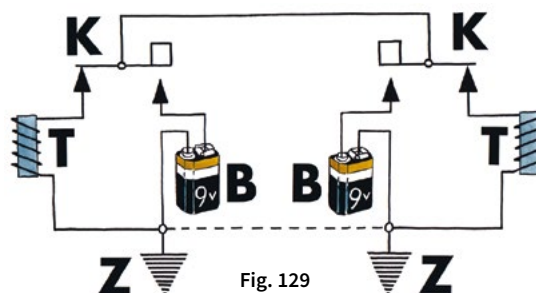
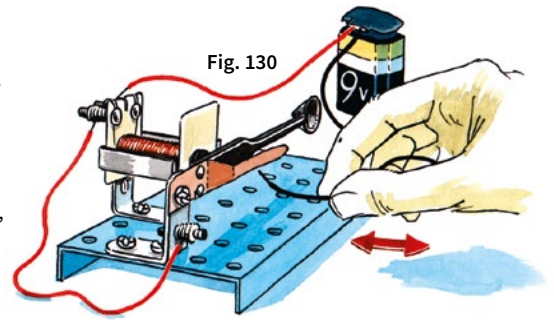


Fig. 129

130. LE MARTEAU DE WAGNER.

Le physicien Wagner découvrit un appareil qui, sans aide extérieure, coupait et rétablissait le courant. Comme ce genre d'appareil est fort utilisé dans la technique, nous allons en construire un. Au moyen d'une équerre simple, nous fixons l'électro-aimant en position couchée sur le socle en plastique. D'un autre côté, nous plaçons une équerre avec alvéole; sa place doit être réglée de telle façon que le marteau vibreur auquel il sert de base reste écarté de 2 à 3 mm de l'électroaimant. Le circuit électrique s'établit comme suit : pile, fil d'alimentation (que nous tenons provisoirement en main), marteau vibreur, équerre avec alvéole, fil de liaison, bobinage, fil de retour à la pile. Dès que nous fermons le circuit au moyen du fil que nous tenons en main, le marteau commence à vibrer, coupant et rétablissant successivement le courant : dès que l'électro-aimant attire le marteau, il coupe le courant parce qu'il s'est écarté du contact; aussitôt que le courant est interrompu, le marteau retourne à sa place initiale où il rétablit le contact de telle façon que le cycle se répète indéfiniment.

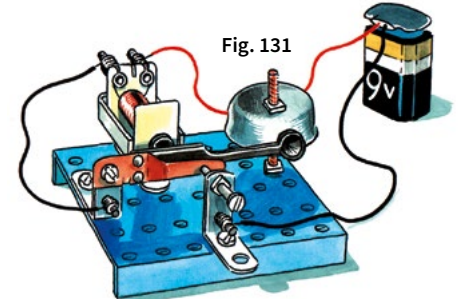
Accessoires nécessaires : 4 x 5, 5 x 6, 3 x 7, 8, 11, 16, 17, 2 x 28, 31, 33 et une pile.



131. LA SONNETTE ÉLECTRIQUE.

Après avoir construit le marteau de Wagner, le montage d'une sonnette électrique ne pose plus de problèmes; il ne nous manque plus que la vis de réglage du contact et la sonnette. Ainsi que le montre la fig.131, nous plaçons la vis de réglage sur une équerre à alvéole fixée sur le socle. Deux écrous permettent un réglage exact de la position de la vis. Quant à la sonnette, nous la mettons en place grâce à la tige filetée. Les câblages sont indiqués à la fig. 131.

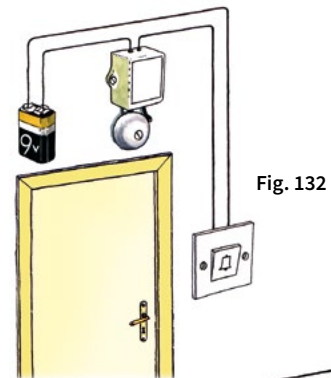
Accessoires nécessaires : 5 x 5, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33 et une pile.



132. LA SONNETTE ÉLECTRIQUE À LA PORTE DE LA MAISON

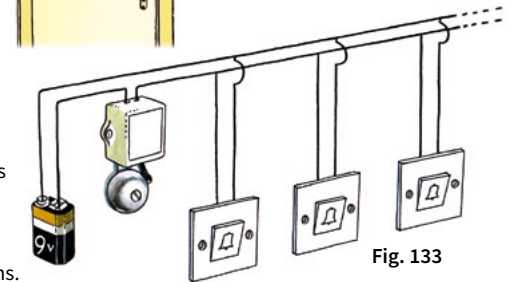
Le schéma de la fig.132 montre comment il faut faire pour installer une sonnette électrique à la porte d'une maison ou d'un appartement. La pile et la sonnette se trouvent à l'intérieur, tandis que le bouton de commande est à l'extérieur. Les personnes qui veulent nous rendre visite appuient sur le bouton, ce qui ferme le circuit et met la sonnerie en marche. Si, de plus, nous parvenons à ouvrir la porte à distance, au moyen d'un électro-aimant, nous aurons totalement remplacé un portier.

Accessoires nécessaires : la sonnette électrique, une pile, le bouton poussoir et du fil électrique.



133. LA SONNETTE AVEC PLUSIEURS BOUTONS DE COMMANDE

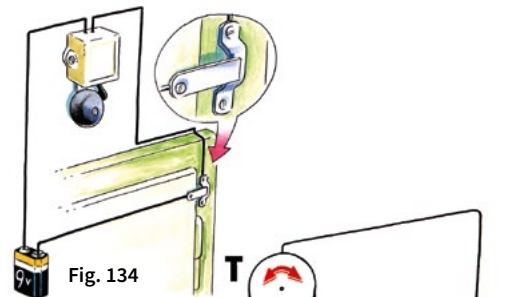
Dans les cliniques, les hôtels, les wagons de chemin de fer, etc..., il est nécessaire d'appeler certaines personnes comme les infirmières, les garçons ou les surveillants; cet appel doit pouvoir se faire au départ de nombreux endroits différents. Le schéma 133 nous montre comment on peut faire fonctionner une seule sonnette au moyen d'une pile et de plusieurs boutons de commande. De cette manière, nous pouvons par exemple, appeler le surveillant d'un wagon-lits. Ce signal peut encore être combiné avec un clapet qui indique quel est le bouton, et donc le local, d'où on a sonné. De tels tableaux de signalisation sont utilisés aussi dans les cliniques et les hôtels. Ils sont basés sur un système électromagnétique.



134. LE SIGNAL D'ALARME.

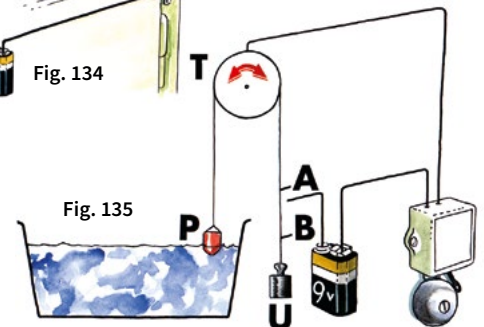
En utilisant une vieille boîte en fer-blanc, nous fabriquons un contact électrique suivant les indications de la fig.134. Les bandes de métal doivent avoir environ 6 cm x 1 cm. L'ensemble est monté sur une porte, de telle sorte que, dès qu'elle s'ouvre, les 2 pièces viennent en contact. Lorsque nous aurons terminé le câblage avec la pile et la sonnerie, notre signal d'alarme sera prêt. Nous pouvons aussi utiliser ce système pour une fenêtre; il sert surtout à protéger les entrepôts, les magasins et les maisons.

Accessoires nécessaires: assiette en aluminium, la sonnette électrique, du fer-blanc et du fil électrique.



135. LE SIGNAL DE REMPLISSAGE.

Le niveau des liquides dans les réservoirs d'usines ou de laboratoires doit souvent être limité entre des points minima et maxima. Nous pouvons aisément réaliser un signal avertisseur qui indiquera que le réservoir va déborder ou que le liquide va manquer. Le schéma en est donné à la fig. 135. Dans le réservoir pend un flotteur (P) qui monte et qui descend avec le liquide. Le fil qui le soutient passe par la poulie (T) et, sur ce même fil sont fixés des repères A et B. Un contrepoids (U) maintient le fil tendu. Dès que le liquide arrive à son niveau maximum, le repère A vient en contact avec une pièce métallique reliée à un pôle de la pile. Par contre, dès que le liquide arrive au niveau minimum, c'est le repère B qui vient en contact avec la pièce métallique. En partant de cette commande toute simple, il est possible de réaliser une alimentation automatique du niveau du liquide dans le réservoir.

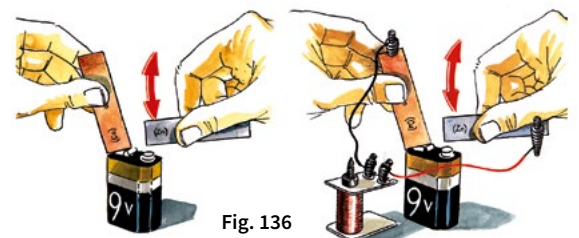


136. INFLUENCES PHYSIOLOGIQUES DU COURANT ÉLECTRIQUE.

Dans l'expérience n.60, nous avons pu constater que le fait de toucher de la langue les 2 bornes d'une pile, provoquait des picotements; c'était donc la preuve que le courant électrique produit des effets sur notre corps. Nous allons voir s'il y en a d'autres :

- De la main gauche, nous saisissons la plaque de cuivre, tandis que de la main droite, nous prenons la plaque de zinc. Au moyen de ces 2 plaques, nous touchons les pôles de la pile, comme indiqué à la gauche de la fig. 136. Quoiqu'il soit certain que le courant électrique passe au travers de notre corps, nous constatons que nous ne le sentons pas.
- Nous relierons des fils électriques venant de ces mêmes 2 plaques aux bornes de notre bobinage (fig. 136, à droite). Ensuite, nous reprenons les plaques en main et nous les mettons en contact avec la pile: nous ne sentons rien. Toutefois, au moment où nous interrompons ce contact, nous ressentons une violente secousse.

Ce choc provient du bobinage et uniquement au moment de la rupture du contact. Pour expliquer ce fait, nous nous reportons à nouveau à l'expérience n.101; nous y avons vu que le bobinage provoque une résistance inductive. Autour du bobinage parcouru par le courant se crée un champ magnétique ainsi que nous l'avons vu à l'expérience n.124.



Au moment de la rupture du courant, ce champ magnétique disparaît en créant, pendant un très court moment, un fort courant induit dont nous ressentons le choc.

Accessoires nécessaires : 4 x 7, 11, 16, 23, 24, 33 et une pile.

137. L'APPAREIL À INDUCTION.

De la sonnette électrique à l'appareil à induction (auto-inductance), il n'y a qu'un petit pas. Pendant que la sonnerie retentit, nous y relierons les 2 plaques de métal utilisées dans l'expérience précédente : l'une est reliée à la vis de réglage, l'autre à l'équerre supportant le marteau (voir fig.137). Si nos mains sont sèches, nous sentirons de légers chocs, si elles sont humides, les chocs seront beaucoup plus forts. Il est évident que le courant que nous sentons est beaucoup plus puissant que celui fourni par la pile.

Accessoires nécessaires : (131), 23, 24 et 33.

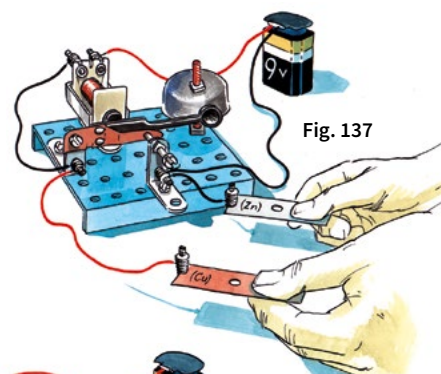


Fig. 137

138. ELECTRISATION AU MOYEN DE L'EAU.

Nous prenons une des plaques de l'expérience n° 137 et nous la trempons dans un récipient contenant de l'eau; nous y jetons aussi une pièce de monnaie. Tandis que la sonnerie fonctionne, nous prenons la seconde plaque dans la main gauche et nous essayons de la main droite, de retirer la pièce de monnaie. Dès que nous touchons l'eau, nous ressentons un choc et, si nous insistons en y trempant la main, celle-ci sera prise de crampes.

Il est toujours dangereux de toucher des appareils électriques avec des mains humides!

Accessoires nécessaires : (137), une pièce de monnaie et un récipient avec de l'eau.

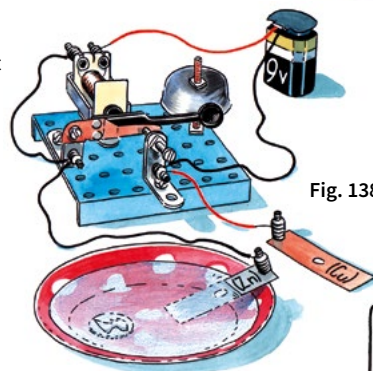


Fig. 138

139. LA TERRE PEUT SERVIR DE CONDUCTEUR.

L'électrode (la plaque) qui se trouvait précédemment dans l'eau, est maintenant enfoncée dans la terre humide. Nous tenons l'autre électrode en main La fig.139 n'est qu'une vue partielle de l'expérience.

La terre humide est un très bon conducteur électrique. C'est pour cela qu'il est dangereux de toucher, avec n'importe quelle partie du corps, un câble à haute ou à moyenne tension.

Si de plus, nous nous trouvons sur un sol humide, ce serait la mort immédiate.

Accessoires nécessaires : (137)

140. LE RELAIS.

Un relais est un appareil qui nous permet de commander à distance, au moyen d'un courant de faible tension, n'importe quel appareil à tension élevée. Nous pouvons aisément construire cet appareil.

La fig.140 représente schématiquement un relais de fermeture d'un circuit électrique. Dans le premier circuit, nous avons l'électro-aimant et la première pile.

Si nous fermons ce premier circuit, l'électro-aimant attirera le marteau qui, par son extrémité, fermera le second circuit composé d'une pile, du contact et de l'ampoule. Sous cette action, cette dernière s'éclairera.

Il n'est pas difficile de faire des transformations afin d'obtenir un relais opérant soit une rupture du circuit électrique, soit une inversion.

Accessoires nécessaires : 3 x 5, 3 x 6, 6 x 7, 8, 11, 14, 16, 2 x 29, 31, 33, 35, et deux piles.

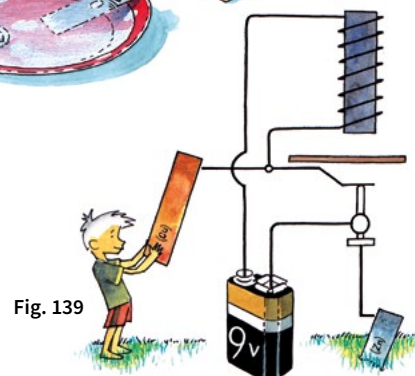


Fig. 139

141. LE TÉLÉPHONE DES BERGERS.

Dans les Alpes, les bergers utilisaient un téléphone constitué par deux cylindres en carton dont une extrémité était fermée hermétiquement par une feuille de parchemin. On peut utiliser un pot de yoghurt en plastique. Entre les 2 cylindres, on tend un fil et lorsqu'un des partenaires parle dans le cornet, il suffit que le second porte le sien à l'oreille pour entendre ce que l'autre dit. Ce téléphone ne permet pas de parler derrière les coins puisque le fil doit être tendu et ne peut rien toucher.

Le fonctionnement est le suivant : sous l'effet des paroles, le premier parchemin vibre, transmet ces vibrations au fil de liaison qui les transmet à son tour au second parchemin.

Le téléphone de Bell est semblable au précédent : il se compose aussi de 2 pièces terminales semblables dans lesquelles se trouvent un électro-aimant, un noyau de fer doux et un bobinage. Devant l'aimant, est tendue une fine membrane. Dès qu'on parle devant cette dernière, on change le champ magnétique qui forme un courant induit dans le bobinage du second appareil où le phénomène inverse se produit et fait ainsi vibrer la membrane; de ce fait, on entend ce qui s'est dit devant le premier appareil.

Le téléphone de Bell disparut à l'apparition du téléphone actuel qui comprend un écouteur et un microphone, ce qui rend possible de parler et d'écouter en même temps dans les 2 sens.

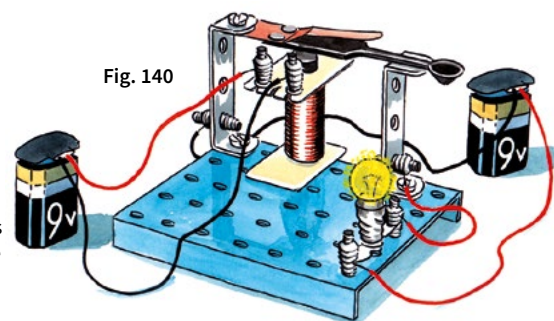


Fig. 140

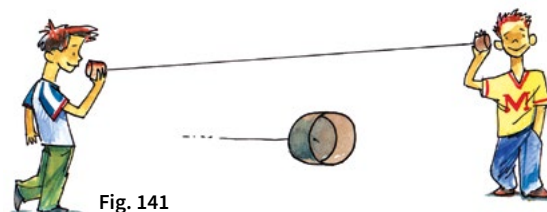


Fig. 141

142. TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE VIBRATOIRE.

La fig. 142 donne un schéma de l'appareil qui permet de transformer l'énergie électrique en énergie vibratoire (ou sonore).

Sur la base en plastique, on fixe un électro-aimant qui est composé d'un bobinage, d'un noyau de fer doux et d'un cadre de noyau. Au dessus du bobinage nous plaçons une membrane constituée ici par le couvercle d'une boîte à bonbons en métal. Au moment de l'expérience, nous soulevons légèrement le couvercle. Si, à ce moment, nous ouvrons et nous fermons le circuit électrique, nous entendons vibrer notre membrane.

Lors de la fermeture du circuit, l'électro-aimant attire la membrane et au moment de la rupture, celle-ci reprend sa position première grâce à son élasticité. Ceci servira de base dans la construction d'un écouteur de l'expérience suivante.

Accessoires nécessaires : 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, un couvercle en fer-blanc et une pile.

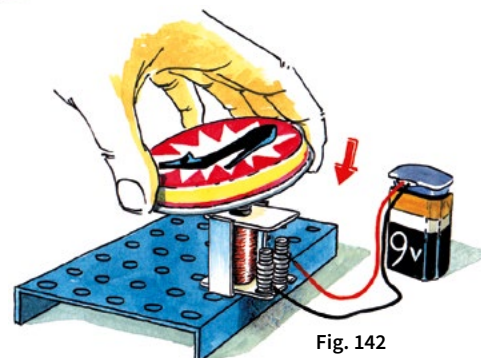


Fig. 142

143. L'ÉCOUTEUR.

Au moyen des grandes et des petites équerres doubles, nous relierons l'électro-aimant et la coquille de l'écouteur de telle façon qu'ils restent éloignés l'un de l'autre de 1 à 2 mm. Au moment de la mise sous tension, la coquille servant ici de membrane, ne pourra en aucun cas toucher l'électro-aimant; elle ne peut pas non plus en être trop éloignée. En fermant le circuit, l'électro-aimant attire la membrane de l'écouteur. Lorsqu'on ouvre le circuit, la membrane se relâche. On entend dès lors le bruissement caractéristique des écouteurs.

Accessoires nécessaires : 4 x 5, 6 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 20, 22, 2 x 29, 33 et une pile.

144. LA LIME SERVANT D'INTERRUPTEUR.

Nous relierons l'écouteur réalisé à l'expérience précédente à une pile, en passant par une lime (fig. 144). Avec l'extrémité d'un des fils, nous frottons la surface de la lime et nous entendons un murmure dans l'écouteur; celui-ci est causé par les nombreuses interruptions de courant au contact de la lime. Accessoires nécessaires : (143), du fil électrique, une lime et une pile plate.

Accessoires nécessaires: (143) et une lime.

145. LE CLAXON D'AUTOMOBILE.

Pour réaliser cette expérience, il nous faut l'écouteur (fig.143), une pile et du fil de câblage. Nous relierons un des pôles de l'électro-aimant à la membrane et l'autre pôle directement à la pile. Avec le fil venant du second pôle de la pile, nous touchons la membrane (la coquille) (la faire vibrer), comme indiqué fig.145.

Accessoires nécessaires : (143), 7

146. LE MICROPHONE.

Notre boîte contient également un microphone très simple mais très efficace. Il est composé de 2 parties principales : la membrane, semblable à celle de l'écouteur, mais en plastique; les 3 petites barres de charbon dont 2 sont fixées directement sur la membrane tandis que la troisième est suspendue par 2 fils et repose sur les 2 premières.

Le circuit électrique est formé par la pile, le microphone et l'ampoule (fig.146). Dès que nous appuyons le doigt sur la troisième barre de charbon, l'ampoule s'éclaire et d'autant plus intensément que nous appuyons plus fort. C'est donc le contact plus ou moins intime entre les barres de charbon qui détermine la quantité de courant qui passe de l'une aux autres et qui fait que l'ampoule s'éclaire plus ou moins fort.

Accessoires nécessaires: 2, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7, 8, 14, 2 x 28, 33, 35 et une pile.

147. LE TÉLÉPHONE.

Lorsque nous assemblons l'écouteur de l'expérience n.143, le microphone de l'expérience précédente et une pile, nous obtenons un téléphone, c'est-à-dire un appareil qui permet de transmettre la parole sur de très longues distances.

Si nous déposons une montre sur le socle du microphone, nous entendons son tic-tac dans l'écouteur. Le son produit par la montre fait vibrer la membrane du microphone; les barres de charbon sont appuyées plus ou moins les unes contre les autres; elles laissent passer un courant plus ou moins fort et l'électro de l'écouteur attire plus ou moins la membrane suivant l'intensité du courant; l'air ambiant transmet à notre oreille les vibrations de l'écouteur et nous entendons le tic-tac de la montre. Cet appareil nous permet aussi de transmettre la parole.

Pour cela, il faut mettre le microphone et l'écouteur dans des pièces différentes.

(Cela nécessite des fils plus longs).

Accessoires nécessaires: (143), (146) et une montre.

GENERATRICES ET MOTEURS ELECTRIQUES

148. TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

a) Nous relierons le bobinage au galvanomètre (fig.148). Dans le tube du bobinage, nous faisons glisser rapidement l'aimant permanent : l'aiguille du galvanomètre dévie, mais retourne immédiatement à sa position première. Si maintenant, nous retirons brusquement l'aimant permanent de son logement, l'aiguille du galvanomètre déviara dans l'autre sens.

b) Nous retournons l'aimant et nous faisons à nouveau la première expérience.

Ici encore, nous remarquerons les déviations de l'aiguille.

Comment peut-il se créer ainsi du courant électrique? Par les expériences précédentes nous savons que l'aimant permanent possède un champ magnétique. Lorsque nous glissons l'aimant dans le bobinage, les lignes de force du champ magnétique recouperont les spires du bobinage. Le courant naît à la suite de l'induction qui nous est déjà connue. Celle-ci ne dure que le temps pris par le mouvement de l'aimant, c'est-à-dire, aussi longtemps que celui-ci modifiera l'emplacement de son champ magnétique par rapport au bobinage lui-même. Ceci est une des principales expériences dans le cadre de la connaissance de l'électricité. C'est d'après ce principe que fonctionnent les génératrices des machines qui transforment l'énergie de mouvement (la rotation) en énergie électrique. Les génératrices sont mises en mouvement par des machines à vapeur ou par des turbines à eau. Dans le premier cas, les turbines à vapeur utilisent l'énergie potentielle de la vapeur ; dans le second cas, ce sont les turbines à eau qui utilisent l'énergie potentielle de l'eau en mouvement. Toutes deux transmettent ces énergies à la génératrice.

Accessoires nécessaires : 1, 4 x 7, 10, 11, 33 et 34.

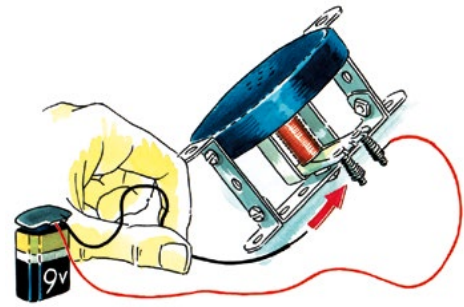


Fig. 143

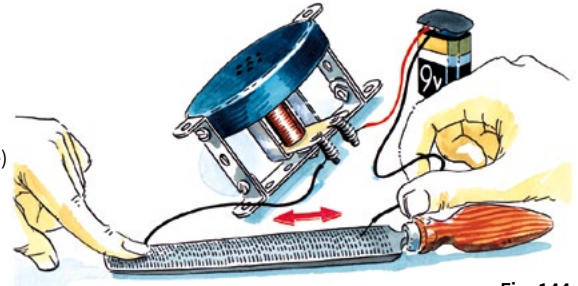


Fig. 144

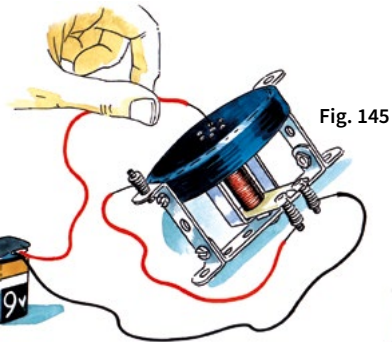


Fig. 145

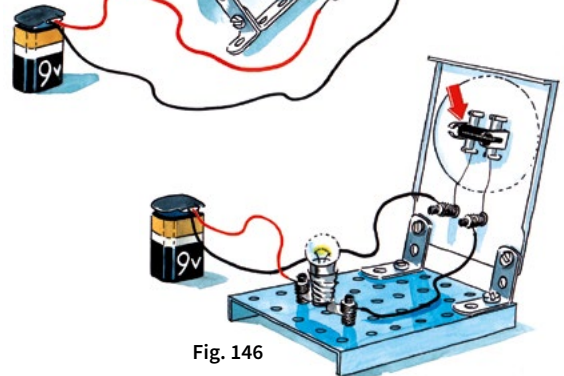


Fig. 146

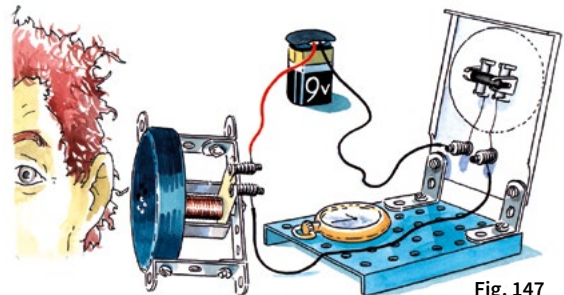


Fig. 147

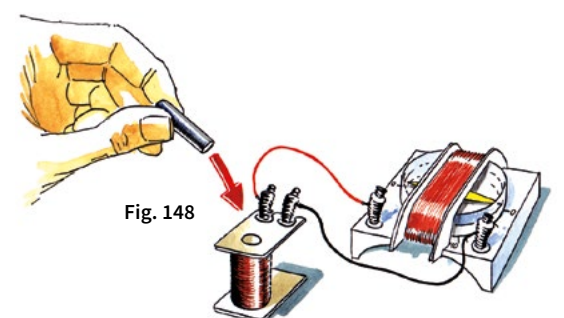


Fig. 148

149. UN ALTERNATEUR (OU GÉNÉRATRICE À COURANT ALTERNATIF).

En suivant le schéma de la fig. 149, nous glissons dans le bobinage le noyau de fer doux, nous relierons le bobinage au galvanomètre et nous attendons que son aiguille se trouve à 0. Ensuite, nous faisons tourner au-dessus du bobinage, l'aimant permanent suspendu dans un berceau de papier. De cette façon, nous avons construit le plus simplifié des alternateurs.

Accessoires nécessaires : 1, 4 x 7, 10, 11, 16, 33, 34, du papier et du fil.

150. LE STATOR DE LA GÉNÉRATRICE ET DU MOTEUR ÉLECTRIQUE.

Dans une machine électrique, on appelle stator les pièces qui ne bougent pas. Nous allons en construire un. Sur le socle en plastique, nous fixons les pièces recourbées n.13; entre les 2, nous plaçons l'aimant permanent et nous le bloquons au moyen de la tige filetée : notre stator est prêt.

Au moyen de la boussole, nous pouvons nous assurer qu'un champ magnétique s'est créé entre les branches arrondies de ce stator et nous pouvons répéter l'expérience n.41 qui prouvait que le champ magnétique passe d'une branche à l'autre.

Accessoires nécessaires : 2 x 5, 4 x 6, 8, 10, 12, 15 et 34.

151. LE ROTOR DE LA GÉNÉRATRICE ET DU MOTEUR ÉLECTRIQUE.

Le rotor est, en principe, un bobinage rotatif dont le début et la fin aboutissent à des secteurs isolés d'un tambour en cuivre. Des charbons frottent sur les secteurs de ce cylindre; ils lui fournissent le courant s'il s'agit d'un moteur et ils prélèvent le courant s'il s'agit d'une génératrice.

Au moyen de la boussole, nous contrôlons la fonction du rotor :

- Nous raccordons le rotor à la pile par l'intermédiaire des balais (ou des charbons) suivant le schéma de la fig. 151.
- Le compas nous indique où se trouve le Nord et le Sud du rotor.
- Nous vérifions le changement de polarité au cours d'une rotation de 360° et nous constatons que les extrémités du rotor changent de polarité à chaque demitour qu'il effectue. Ceci est obtenu par les segments isolés du collecteur (du cylindre) qui prennent leur courant successivement sur les 2 balais.

On constate également que le changement de polarité du rotor se produit chaque fois qu'il se trouve en position horizontale. Par conséquent, il repousse chaque fois le bras du stator d'où il vient et il attire celui vers lequel il se dirige.

Accessoires nécessaires : 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 19, 2 x 20, 21, 33 et une pile.

152. MOTEUR ÉLECTRIQUE FOURNISSANT DU COURANT CONTINU.

Comme nous avons fait la connaissance du stator de la génératrice (150) et du rotor de la génératrice avec les balais (151), nous pouvons construire un moteur électrique fournissant du courant continu.

Nous devons d'abord assembler le rotor avec les balais et ensuite le stator. Après avoir vérifié que le rotor tourne et que les balais appuient convenablement sur le collecteur, nous raccordons ceux-ci à la pile. Le rotor commence à tourner; lentement au début et ensuite, de plus en plus vite jusqu'à son maximum qui est d'environ 2800 à 3000 tours/minute.

Lorsque nous inversons les pôles de la pile, le moteur tourne en sens inverse

Accessoires nécessaires : (151), 2 x 5, 4 x 6, 10, 12, 15.

153. LA GÉNÉRATRICE.

Cette fois, nous raccordons le moteur, non plus à la pile, mais au galvanomètre.

Lorsqu'ensuite, nous faisons tourner le rotor à la main le plus vite possible, l'aiguille du galvanomètre déviara. Une rotation en sens inverse provoquera une déviation en sens opposé. Le moteur électrique pour courant continu peut donc également servir de génératrice, c.à.d., une machine qui fournit du courant continu.

Accessoires nécessaires : (152), 1, 2 x 7 et 34

CONCLUSION

Le fait d'avoir réalisé toutes les expériences décrites dans cette brochure ne signifie pas la fin pour nous mais, bien au contraire, le début de notre travail. Les expériences ci-dessus sont un premier mais très important pas dans l'acquisition du savoir technique qui repose sur notre expérience personnelle. Nous pouvons maintenant facilement attacher nos connaissances aux idées acquises par d'autres gens, présentées dans les livres ou exprimées dans les cours et aux émissions de radio ou TV.

Les connaissances acquises peuvent être complétées également par:

GENIUS (153 essais dans le domaine de l'électrotechnique et 120 essais dans le domaine de l'électronique)

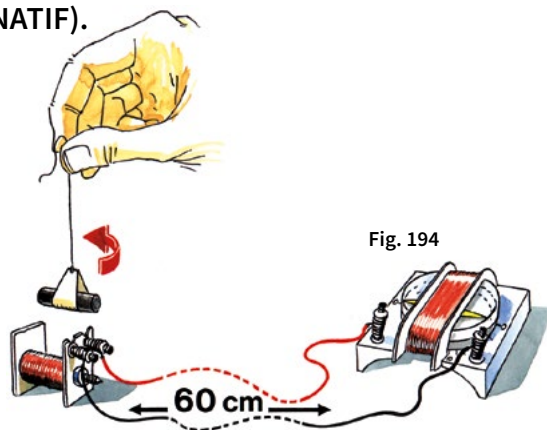


Fig. 194

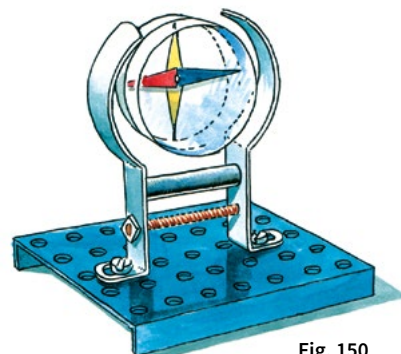


Fig. 150

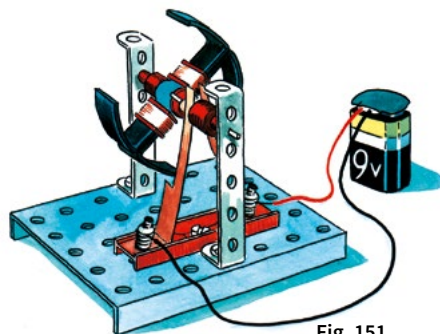


Fig. 151

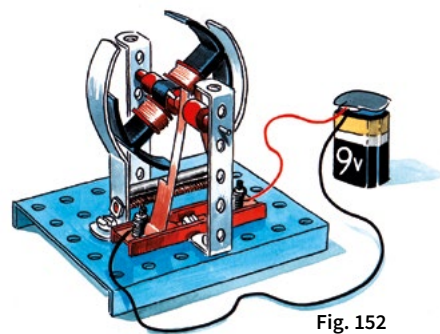


Fig. 152

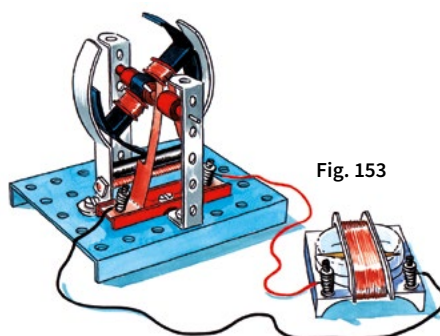


Fig. 153

FR: Corrections

EN 71 : Aimant

AVERTISSEMENT : Ne convient pas aux enfants de moins de 8 ans. Ce produit contient un petit aimant avec un flux magnétique de plus de 50 KG2mm. S'ils sont avalés, les aimants peuvent s'attacher les uns aux autres à travers la paroi intestinale et causer de graves blessures. Consultez immédiatement un médecin si un(des) aimant(s) sont avalés.

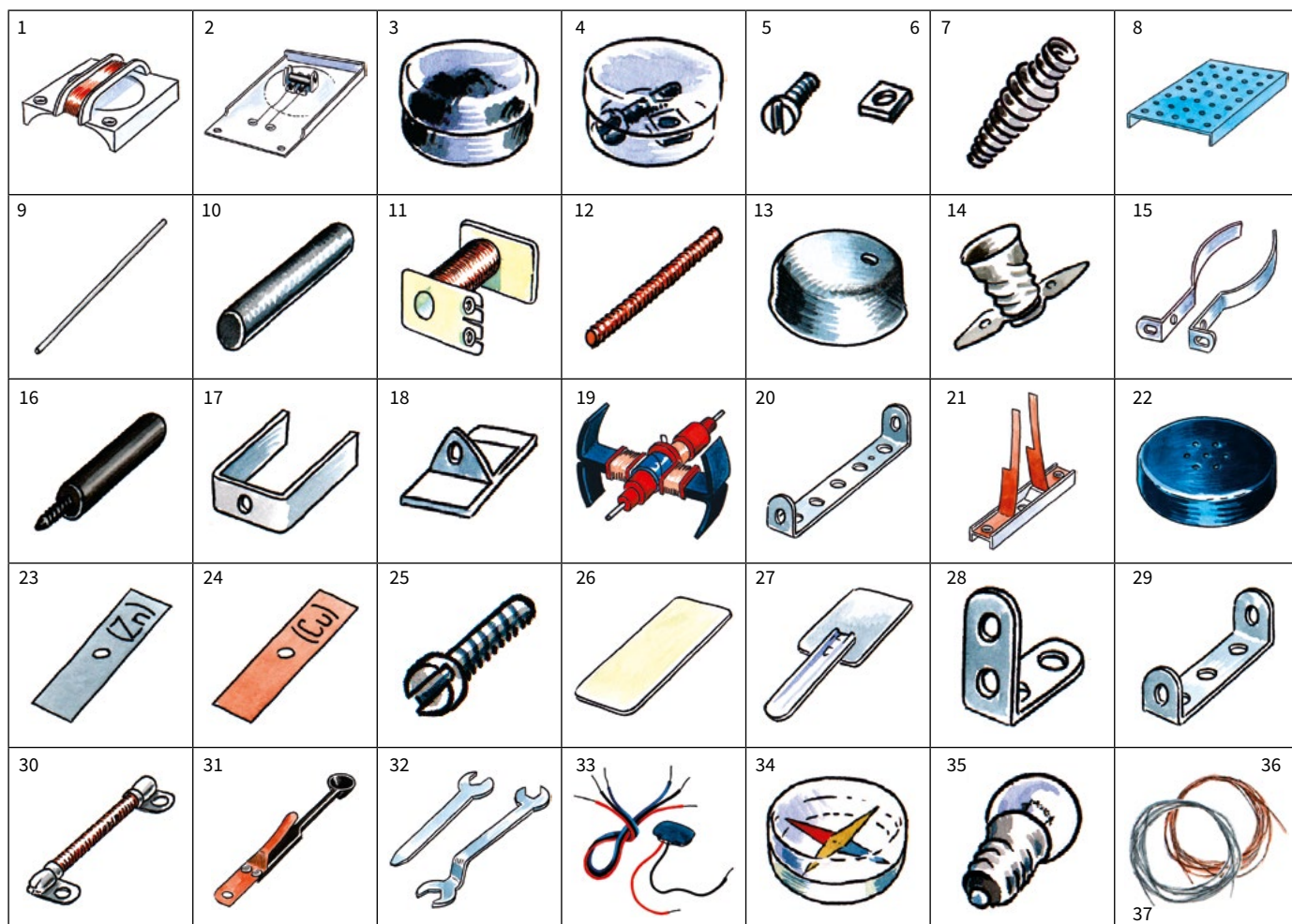
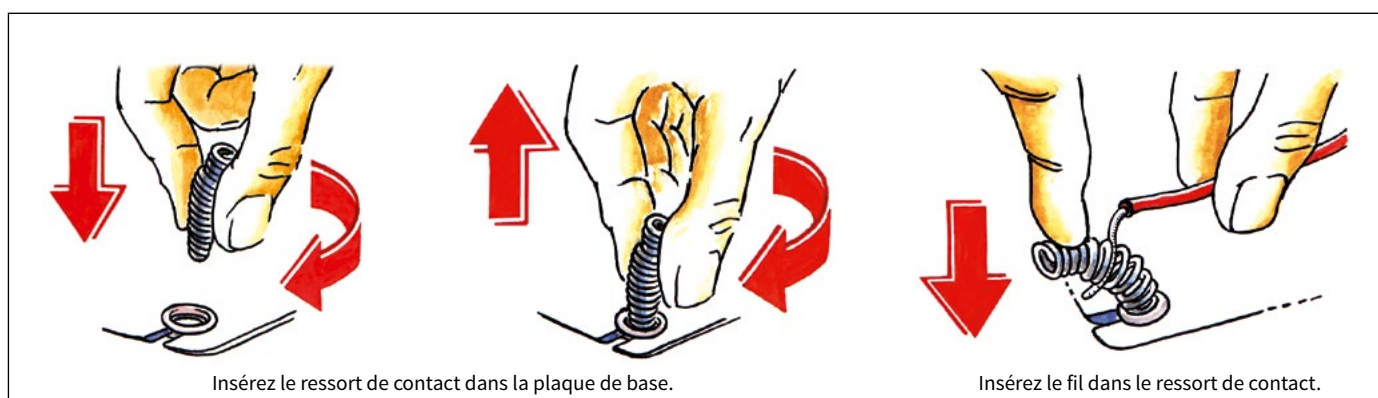
EN 62115 :

AVERTISSEMENT : Utilisation exclusivement réservée aux enfants âgés de 8 ans et plus. Les instructions destinées aux parents sont fournies avec le produit et doivent être respectées. Ce produit contient un fil libre. Les fils ne doivent pas être insérés dans les prises de courant.

Expérience 97 : L'augmentation de température de la résistance lors de l'expérience 97 dépasse la limite, mais les instructions n'ont pas signalé de dangers possibles et ne contiennent pas d'avertissement. Il ne faut pas toucher directement la surface chaude des parties accessibles pendant et après l'expérience, comme la surface de la résistance, les piles, l'aération et les autres composants électroniques. Assurez-vous que la température a diminué, faute de quoi il peut y avoir un risque d'incendie. L'emballage doit être conservé car il contient des informations importantes.

DESIGNATION ET CROQUIS DES PIÈCES

No.	DÉSIGNATION DES PIÈCES	Quantité	No.	DÉSIGNATION DES PIÈCES	Quantité
1	Galvanomètre	1	21	Paire de balais	1
2	Microphone	1	22	Coquille d'écouteur	1
3	Boîte contenant de la limaille de fer	1	23	Plaque de zinc (Zn)	1
4	Boîte contenant les vis et les écrous	1	24	Plaque de cuivre (Cu)	1
5	Vis courtes M4 x 5	12	25	Longue vis M4 x 20	1
6	Écrous M4	16	26	Plaquette en polyvinyl	1
7	Attache-ressort	1	27	Pelle en cuivre avec manche en polyvinyl	1
8	Socket en matière plastique	8	28	Équerre simple 25 x 25 mm	4
9	Baguette en fer	1	29	Petite équerre double 38 x 12 mm	2
10	Aimant	1	30	Résistance (rhéostat)	1
11	Bobinage	1	31	Marteau vibreur de sonnerie	1
12	Tige filetée	1	32	Clef pour écrous	2
13	Sonnette	1	33	Câbles avec 2 fiches	5
14	Soquet pour ampoule	1	34	Boussole	1
15	Stator (en 2 parties)	1	35	Ampoule 12 V/0,05 A	1
16	Noyau en fer doux	1	36	Fil de cuivre	1
17	Cadre pour noyau	1	37	Fil de constantan	1
18	Équerre allongée	1			
19	Induit	1			
20	Grande équerre double 60 x 12 mm	2			





SI • OPOZORILO! NI PRIMERNO ZA OTROKE DO 3. LETA STAROSTI. VSEBUJE MAJHNE DELE, KI JIH OTROK LAHKO POGOLTNE. VSEBUJE TUDI FUNKCIONALNE OSTRE KONICE ALI REZANE ROBOVE. PRISOTNOST STEKLENIH DELOV, KI SE LAHKO RAZBIJEJO. IGRAČA NE SME BITI DOSEGLJIVA ZELO MAJHNIM OTROKOM. UPORABLJATI POD NADZOROM ODRASLE OSEBE.

SRB • UPOZORENJE! NIJE NAMENJENO DECI ISPOR 3 GODINE STAROSTI. SADRŽI SITNE DELOVE KOJI SE LAKO MOGU PROGUTATI. SADRŽI FUNKCIONALNE OŠTRE UGLOVE I IVICE. PRISUSTVO STAKLENIH DELOVA KOJI SE MOGU LAKO RAZBITI. IGRAČKA NIJE NAMENJENA VEOMA MALOJ DECI. UPOTREBLJAVATI POD NADZOROM ODRASLE OSOBE.

FR • ATTENTION! NE CONVIENT PAS AUX ENFANTS DE MOINS DE 3 ANS. CONTIENT DES PETITS ELEMENTS DETACHABLES SUSCEPTIBLES D'ETRE AVALES. CE JOUET CONTIENT DES PETITES PIECES POINTUES QUI POURRAIENT SE REVELER COUPANTES. PRESENCE D'ELEMENT EN VERRE SUSCEPTIBLE DE SE CASSER. CE JOUET NE DOIT PAS ETRE LAISSE A LA PORTEE DES TRES JEUNES ENFANTS. CE JOUET DOIT ETRE UTILISE EN PRESENCE D'UN ADULTE.

HR • UPOZORENJE! NIJE PRIKLADNU ZA DJECU MLAĐU OD 3 GODINE. SADRŽI SITNE DJELOVE KOJE BI DJECA MOGLA PROGUTATI. TAKOĐER SADRŽI FUNKCIONALNE OŠTRE DJELOVE. PRISUTNOST STAKLENIH DJELOVA, KOJI SE MOGU RAZBITI. IGRAČKU DRŽATI PODALJE OD VRLO MALE DJECE. RABITI POD NADZOROM ODRASLE OSOBE.

GB • WARNING! NOT SUITABLE FOR CHILDREN UNDER 3 YEARS. CONTAINS SMALL PARTS WHICH CAN BE SWALLOWED. TOY INCLUDE ALSO FUNCTIONAL SHARP POINTS OR CUTTING EDGES. PRESENCE OF GLASS ELEMENT WHICH CAN BE BROKEN. THE TOY SHOULD BE KEPT OUT THE REACH OF VERY YOUNG CHILDREN. TO BE USED UNDER THE SUPERVISION OF AN ADULTS.

DE • WARNUNG! NICHT GEEIGNET FÜR KINDER UNTER 3 JAHREN, DA KLEINTEILE VERSCHLUCKT WERDEN KÖNNEN. BITTE UNTERWEISEN SIE IHRE KINDER IM UMGANG MIT SPITZEN UND SCHARFEN TEILEN. BEINHALTET GLASTEIL - ZERBRECHLICH. DAS SPIELZEUG SOLLTE FÜR KLEINKINDER NICHT ERREICHBAR SEIN. VERWENDUNG NUR UNTER AUFSICHT VON ERWACHSENEN.



PLAY ELECTRONICS

120 poskusov
s področja elektronike

Izdajatelj in nosilec avtorskih pravic:

Mehano, d.o.o.

Polje 9

6310 Izola, Slovenija

pp. 83

PRAVICE IN ODGOVORNOSTI

Vsebina te knjige je zaščitena v skladu z zakoni o avtorskih pravicah. Ničesar iz nje ne smete kopirati, prepisovati, fotokopirati ali prenašati na kakršenkoli medij za shranjevanje informacij brez predhodnega izrecnega pisnega dovoljenja nosilca avtorskih pravic.

Vsa vezja in poskusi, opisani v tej knjigi, so skrbno preverjeni in preizkušeni. Ne glede na to, nosilec avtorskih pravic ni odgovoren za nikakršno fizično in/ali materialno škodo, kakor tudi ne za fizične poškodbe, ki bi nastopile pri sestavljanju in uporabi vezij, navedenih v tej knjigi.

Vsi elementi, ki so sestavni del tega kompleta, so skrbno izbrani in zato verjamemo, da so neoporečni. Za elemente v tem kompletu nosilec avtorskih pravic ne daje garancije, ker so zlahka mehansko ali električno uničljivi.

POZDRAVLJENI, MLADI BRALCI IN MLADE BRALKE!

Veseli nas, da ste sklenili vstopiti v čudoviti svet elektronike ravno s pomočjo naše knjige. Upamo, da vam bo sestavljanje vezij v zabavo. Vsekakor pa to ne bo samo zabava, temveč tudi nabiranje novih znanj, ki bodo drobci temeljnega kamna za tisto, kar se boste o elektroniki naučili potem, ko boste knjigo, ki jo držite v roki, temeljito poznali, in jo s svojim znanjem kasneje prerastli.

Nikar se ne bojte poskusov, kajti en sam poskus je vreden več kot mnenja tisočerihih strokovnjakov. Zato vse svoje nove zamisli sprti preverite. Če vezje ne bo delovalo, ne bodite razočarani. Če boste ugotovili, kaj je narobe, bo tudi negativen izid vaše zamisli postal pozitiven, kajti tudi ob takšnem poskusu se boste učili in zvedeli nekaj novega.

Vsa vezja, predlagana v tej knjigi, so pripravljena tako, da se ne morete poškodovati ali povzročiti kakšne večje škode. Če ne štejemo morebitne manjše praske na prstih, je največja škoda, ki jo lahko naredite, uničenje katerega izmed elementov. Nikar ne skrbite, poškodovane elemente, ki sploh niso dragi, lahko kupite skoraj v vsaki trgovini z elektronskimi sestavnimi deli.

V knjigi je opisana zajetna množica različnih vezij. Nekatera so tako enostavna, da razlage zanje niti ne potrebujete. Nekatera so zapletena in morda sploh ne boste razumeli, kako delujejo. Ne obupajte. Morda vam bo naslednjič, ob pozornejšem drugem branju vse jasno. Če pa kakšnega odstavka ne razumete ali pa vas morda ne zanima, ne bo nič hudega, če ga preskočite.

Prav obilica vezij, katerih delovanje spoznavajo šele učenci srednjih šol, omogoča, da bo vsakdo našel nekaj zase primerne. Zaradi podrobno opisanega delovanja vezij boste knjigo morda lahko uporabili kot pripomoček v šoli.

OPOZORILA!

Iz varnostnih razlogov so vsa vezja narejena tako, da uporabljajo energijo iz baterije.

ZA POSKUSE UPORABLJAJTE 9 V BATERIJO IEC 6LR61.

NE UPORABLJAJTE BATERIJ, KI SE POLNIJO (npr. Ni-Cd baterije).

BATERIJA MORA BITI PRIKLJUČENA S PRAVILNO POLARITETO.

NIKDAR NE SKUŠAJTE NAREDITI VEZJA, KI BO ZA DELOVANJE UPORABLJALO ELEKTRIČNO ENERGIJO IZ VTIČNICE! TO BI BILO LAHKO NEVARNO ZA VAŠE ŽIVLJENJE IN OKOLICO! ELEKTRIČNA ENERGIJA IZ STENSKE VTIČNICE JE SMRTNO NEVARNA. POSLEDICA TAKŠNEGA POČETJA JE LAHKO TUDI POŽAR! ZAPOMNITI SI VELJA, DA KOMPLET IN NJEGOVI SESTAVNI DELI NISO NAMENJENI DELOVANJU PRI OMREŽNI NAPETOSTI.

ZAŽELJENO JE, DA SE POSKUSI IZVAJAJO V PRISOTNOSTI STAREJŠIH OSEB.

NE IZVAJAJTE POSKUSOV, KI NISO OPISANI V NAVODILU.

ČE SESTAVLJENEGA VEZJA NE NAMERAVATE UPORABLJATI DALJ ČASA, ODSTRANITE BATERIJO.

VEZJA SE MORAJO NAPAJATI IZKLUČNO SAMO S PREDPISANO BATERIJO.

PRIPOROČAMO UPORABO ALKALNE BATERIJE Z DODATNO OZNAKO "GREEN".

BATERIJE NE POSTAVLJAJTE V DOTIK S KOVINSKIMI DELI, KER OBSTAJA MOŽNOST, DA PRIDE DO POŽARA ALI EKSPLOZIJE.

NIKOLI NE POSKUŠAJTE POLNITI BATERIJE.

BATERIJO MORA ZAMENJATI ODRASLA OSEBA.

BATERIJE NE MEČITE V OGENJ.

IZTROŠENO BATERIJO ODVRZITE V ZA TO NAMENJENE ZABOJNIKE.

NAPAJALNIH PRIKLJUČKOV NI DOVOLJENO

KRATKOSTIČITI.

ARTIKEL VSEBUJE ELEMENTE S FUNKCIONALNIMI OSTRIMI KONICAMALI ALI REZANIMI ROBOVI.

Sestavni deli tega kompleta so po svojih zunanjih dimenzijah majhni in imajo ostre priključke. Zato ta komplet ni namenjen otrokom mlajšim od devet let.

Navodila shranite ker vsebujejo pomembne informacije.

DRAGI STARŠI!

S to knjigo tudi sami (znova) vstopate v svet elektronike. Če ste v tem svetu že doma, bodite mlademu raziskovalcu v spodbudo in pomoč. Če je ta svet tudi za vas nov, naj vam nikar ne bo nerodno pridružiti se mlademu in nadebudnemu raziskovalcu. Svet elektronike je poln odkritij, ki čakajo tako na mlade kakor tudi na starejše raziskovalce.

Še enkrat posebej poudarjamo, da je komplet narejen tako, da je uporaba kompleta varna. Namenoma je kot vir električne energije predvidena baterija, saj uporaba električne energije iz omrežne vtičnice predstavlja potencialno nevarnost, ki še posebej preži na neizkušene uporabnike. **ZATO MLADEMU RAZISKOVALCU NIKAKOR NE DOVOLITE UPORABLJATI ELEKTRIČNO ENERGIJO IZ ELEKTRIČNEGA OMREŽJA!**

Če imate sami že izkušnje z elektroniko in elektrotehniko, je lahko izvor energije tudi usmernik, vendar le pod vašim nadzorom. Nenadzorovana uporaba usmernika lahko povzroči uničenje sestavnih delov. Uporaba usmernika namesto baterije ni nikjer omenjena.

UVOD !

Uporaba odkritij s področja elektronike je temeljito spremenila svet, v katerem živimo. Od odkritja tranzistorja še ni minilo pol stoletja, od odkritja integriranega elektronskega vezja pa še ne štirideset let. Uporaba elektronike je našla svoje mesto v vseh kotičkih našega življenja. Če ne verjamete, povprašajte malo svoje babice in dedke, ali

so imeli v svoji rani mladosti doma televizijski ali radijski sprejemnik. Za videorekorderje, računalnike, žepne kasetofone in avtomatske fotoaparate rajši niti ne vprašajte.

Zagotovo pa bodo vsi pritrdili, da je uporaba elektronike zelo spremenila njihovo življenje. Morda bodo nekateri celo "pojamrali", kako je "včasih lušno b'lo", vendar nikar ne skrbite. Tudi njim so njihovi dedki in babice znali potožiti na enak način. Morda boste tudi vi uporabili isti stavek, ko se boste pogovarjali s svojimi vnučki.

Elektronika zagotovo spreminja naš način življenja, zato zasluži pozornost. To, da berete to knjigo, je dokaz, da tudi vi mislite tako. Kako pa delujejo videorekorderji, računalniki, elektronske zapestne ure, CD gramofoni!? Odgovor ni lahek.

Najbrž imate doma lego kocke. Ko vas mlajši bratec ali sestrica vpraša, kako in iz česa je narejen lep grad, vesoljsko vozilo ali hiša, vi že veste. Uporabili ste množico majhnih, preprostih kock. Vsaka zase je enostavna, ko pa jih združite v celoto, nastane nekaj, kar niti najmanj ni podobno eni sami lego kocki. Medtem ko ste sestavljali svojo mojstrovino, si zagotovo niste belili las, kako in iz česa je narejena lego kocka.

Tako je tudi z elektroniko. Za še tako zapleteno elektronsko vezje si lahko predstavljamo, da je sestavljeno iz množice zelo enostavnih vezij. Niti največji strokovnjaki ne znajo natanko povedati, kako deluje zelo zapleteno in obsežno elektronsko vezje. Tudi vi znate zagotovo uporabljati televizijski sprejemnik in igrati žepno računalniško igrico. Pri tem vas niti najmanj ne moti, da ne veste, kako delujeta. Tako kot potrebujete za grad iz lego kock množico majhnih kock, tako morate tudi za sestavo zapletenega elektronskega vezja najprej znati narediti množico enostavnih vezij.

Zato uporabite to knjigo. Z njo se boste naučili, kako delujejo enostavna elektronska vezja. Z znanjem, ki si ga boste nabrali ob uporabi te knjige, boste tudi sami zmogli narediti že dokaj zapletena elektronska vezja.

Zato veselo na delo!

MERSKE ENOTE

Ker bomo imeli v tej knjigi opraviti s fizikalnimi količinami, ki so podane z različnimi merskimi enotami, najprej nekaj besed o našem merskem sistemu enot.

V Sloveniji, tako kot drugod po svetu, uporabljamo v tehniki t.im. SI sistem merskih enot: SI - (fra.) Systemme Internationale oz. mednarodni sistem. V tem sistemu enot so kot osnovne enote določene naslednje: za

dolžina	meter	m
masa	kilogram	kg
čas	sekunda	s
električni tok	amper	A
temperatura	kelvin	K
svetilnost	kandela	cd
količina snovi	mol	mol

Vse druge enote so izpeljane iz osnovnih enot in se dajo izraziti z njimi. Tako je npr. volt izpeljana enota. Povezava med posameznimi izpeljanimi enotami ni prav enostavna, vsekakor pa presega okvir te knjige.

Mnoge reči, ki so okoli nas, lahko na določen način izmerimo in jim tako določimo lastnosti. Lahko npr. izmerimo dolžino mize. V ta namen uporabimo merilni instrument (npr. ravnilo), na katerem imamo skalo, razdeljeno na majhne enote. Enota za merjenje dolžine je meter.

Najbrž poznate že kakšne enote. Maso merimo v kilogramih, čas v sekundah, prostornino v kubičnih metrih itd.

Pogosto srečamo izmerjene vrednosti, ki so mnogo večje ali manjše od osnovne merske enote. V takšnih primerih uporabljamo predpone, ki povedo, kolikokrat je naša enota manjša ali večja od osnovne enote.

Za izmerjene vrednosti, ki so po velikosti mnogo večje od osnovne enote, uporabljamo naslednje predpone:

predpona	označba	vrednost	osnovno enoto množimo z
kilo-	k	10^3	1.000
mega-	M	10^6	1.000.000
giga-	G	10^9	1.000.000.000
tera-	T	10^{12}	1.000.000.000.000

Tako ima na primer 1 kilometer 1.000 metrov, 101,6 megahercev pa 101.600.000 hercev oz.

$$1\text{ km} = 1000\text{ m}$$

$$101,6\text{ MHz} = 101.600.000\text{ Hz}$$

Za izmerjene vrednosti, ki so po velikosti mnogo manjše od osnovne enote, uporabljamo naslednje predpone:

predpona	označba	vrednost	osnovno enoto delimo z
mili-	m	10^{-3}	1.000
mikro-	μ	10^{-6}	1.000.000
nano-	n	10^{-9}	1.000.000.000
piko-	p	10^{-12}	1.000.000.000.000

Tako je na primer 1 milimeter enak 0,001 metra, 10 mililitrov pa 0,01 litra oz.

$$1\text{ mm} = 0,001\text{ m}$$

$$10\text{ ml} = 0,01\text{ l}$$

OSNOVNI GRADNIKI ELEKTRIČNIH VEZIJ

ELEKTRIČNI TOKOKROG

Električnega toka ne moremo slišati, videti ali vohati..

KDAJ ELEKTRIČNI TOK TEČE? Takrat, ko imamo električno napetost in sklenjen električni tokokrog.

Predpostavimo, da imamo na mizi posodo, napolnjeno z vodo, in da je tudi pod mizo prazna posoda. Če z gumijasto cevko povežemo zgornjo posodo s spodnjo, steče skozi cevko vodni tok. Zgornja posoda se počasi prazni, spodnja pa polni. Debelejša je cevka, več vode teče skozi njo.

Naj bo tik nad spodnjo posodo vodno kolo. Če je le-to majhno in lahko, ga zavrti že majhen curek. Če je kolo večje, je potreben močnejši curek, ki ga naredimo tako, da vzamemo debelejšo cevko ali pa, da pri uporabljeni tanki cevki zgornjo posodo dvignemo z mize na omaro.

Prej ali slej se zgornja posoda izprazni. Če pa na spodnjo posodo priključimo črpalko in jo poganjamo z roko, vodo iz spodnje posode prečrpamo v zgornjo.

Poskusi, opravljeni s posodami, cevkami, vodnimi kolesi in črpalko ponazarjajo, kaj se dogaja v električnem tokokrogu. Dvignjena posoda predstavlja en priključek baterije. Različno debele cevke predstavljajo različno debele prevodnike, skozi katere teče šibkejši ali močnejši električni tok. Manjša in večja vodna kolesa predstavljajo porabnike električne energije, npr. šibkejši in močnejši elektromotor ali šibkejšo ali močnejšo žamico. Tako kot je ob večjem vodnem kolesu in debelejši cevki zgornja posoda prej prazna, tako je tudi baterija pri debelejših vodnikih in močnejšem elektromotorju prej prazna.

Namesto baterije uporabimo za vir električne energije generator, kot v elektramah. V zgornjem primeru je vlogo generatorja imela vodna črpalka.

V primeru uporabe posod so tokokrog sestavljale po vrsti zgornja posoda, cevka, vodno kolo in na koncu še spodnja posoda. V elek-

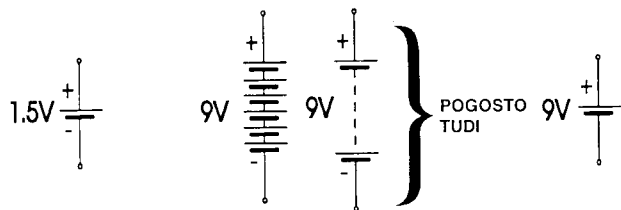
tričnem tokokrogu tok steče s priključka, ki je označen z znakom plus, skozi vodnik, skozi porabnik električne energije na negativni priključek.

Učinek električnega toka je odvisen od tistega, kar je v električnem tokokrogu. Če je tu elektromotor, lahko opazujemo vrtenje osi. Če je tu brenčalo, slišimo zvok. Če je tu žarnica, bomo videli svetlobo. Primerov je še veliko. Za izdelavo vseh električnih vezij uporabljamo osnovne gradnike. To so npr. baterije, vodniki, upori, kondenzatorji, stikala in polprevodniški elementi (dioda, svetleča dioda, tranzistorji in integrirana vezja).

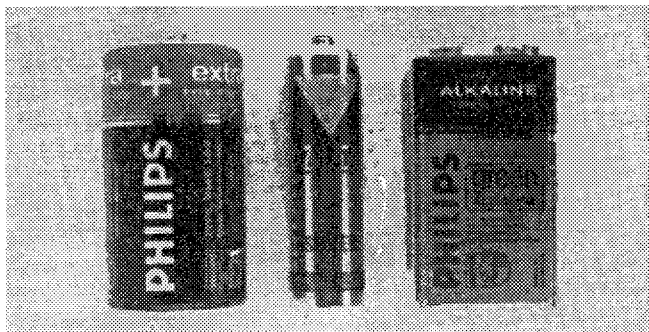
BATERIJA

Električne baterije so viri električne energije. Poglavitna lastnost električne baterije je napetost. V čast italijanskemu fiziku Alessandru Volti je merska enota za napetost volt oz. V. Simbol za napetost je U. Napetost med priključki na majhnem baterijskem vložku, ki ga uporabljamo v prenosnih kasetofonih, je 1,5V. Napetost med priključki na avtomobilskem akumulatorju je 12V. Napetost med priključki ploščate baterije pa je 4,5V.

Za baterije in akumulatorje uporabljamo enak električni simbol: daljša tanjša in vzporedno z njo krajša debelejša črta. Tanjša črta predstavlja pozitiven, debelejša pa negativen pol baterije. Če več baterijskih celic povežemo zaporedno, dobimo baterijo z višjo napetostjo. Ena baterijska celica ima običajno 1,5V. Torej, v 9-voltni bateriji je povezanih 6 celic, v 4,5 voltni pa tri.



Slika a. Simbol za baterijo



Slika b. Različne baterije

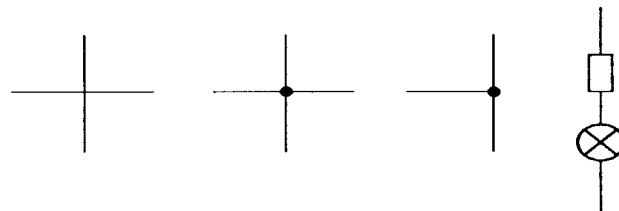
Zaporedno povezane baterijske celice so na stikalnem načrtu običajno narisane tako, da so tanjše in debelejše črtice narisane v obliki stolpčiča ali pa da so med dvema simboloma za baterijo narisane pike. Različni simboli baterij in zunanji videz le-teh so prikazani na sliki a. in b.

Vrnimo se k primerjavi s posodami; predstavljajte si posode, povezane s cevkami, na stopnicah. Iz zgornje posode teče voda v spodnjo skozi cevko, iz zadnje posode izteče voda, ki je bila v vseh posodah nad njo. S tem lahko primerjate zaporedno vezavo baterij.

PREVODNIKI

S prevodniki povezujemo posamezne gradnike električnih vezij v tokokroge. V stikalnih načrtih prevodnike ponazarjamo s črtami. Če se prevodnika med sabo samo križata, se križata tudi črti na stikalnem načrtu. Ko pa je vodnike treba med sabo povezati, je to na stikalnem načrtu ponazorjeno s piko. Če se vodniki in gradniki vezja povezujejo zaporedno, potem pike ne narišemo. Križanje, stik in zaporedna vezava vodnikov so prikazani na sliki c.

Če vodnike primerjamo s cevkami, potem velja, da skozi debelejši vodnik lahko steče več električnega toka. Žice, ki ste jih dobili v kompletu, so dovolj debele in so uporabne v vseh naših preizkusih. Da bi tok tekel samo tja, kamor je namenjen, so žice izolirane, izolacija pa je odstranjena le na njihovih koncih.



Slika c. Križanje, stik in zaporedna vezava elementov

STIKALO

Stikalo uporabljamo za zapiranje oz. sklenitev in odpiranje oz. razklenitev električnega tokokroga. Zunanji videz in električni simbol stikala sta prikazana na sliki d. in e.. Na stikalnem načrtu je prikazano tudi, če je stikalo odprto ali ne.

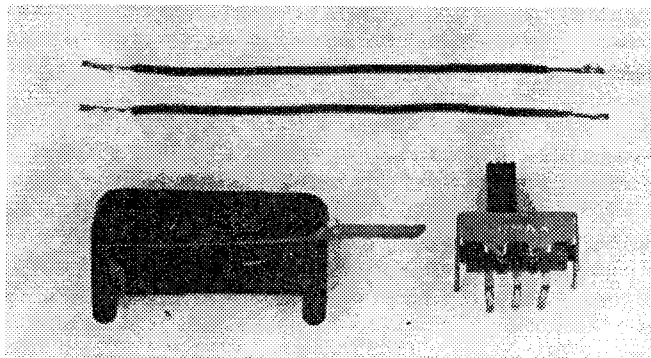
Skozi sklenjen električni tokokrog teče električni tok. Električni tok je količina elektrike, ki steče skozi vodnik v eni sekundi. Z enačbo to napišemo takole:

$$I=Q/t$$

V tej enačbi je I tok, Q pa količina elektrine, ki je stekla skozi vod-

nik v času t .

Po francoskem fiziku Andreju Amperu merimo električni tok v amperih (A). Simbol za tok je I .



Slika d. Vodniki in stikala



Slika e. Električni simbol stikala

ELEKTRIČNI TOK

Če se spomnimo naših posod z vodo, se spomnimo tudi, da predstavlja količina vode v zgornji posodi količino elektrine, ki je shran-

jena v bateriji. Skozi debelejšo cev teče več vode oz. močnejši tok. Seveda je pri močnejšem toku baterija prej prazna. Enako velja za baterijo in žarnico: če je žarnica močnejša, teče pri isti napetosti skozi večji tok. Žarnica sicer sveti močnejše, vendar je baterija prej prazna kot v primeru, če uporabljamo šibko žarnico.

Tudi voda v reki predstavlja tok. Tako kot teče voda pod mostom vedno v isti smeri, teče tudi enosmerni električni tok skozi vodnik vedno v isti smeri.

IZMENIČNI ELEKTRIČNI TOK

Predstavljajte si, da opazujemo vodni tok v ožini med zalivom in odprtim morjem. Kaj se dogaja med bibavico? Ko je na odprtem morju zaradi plime gladina vode visoka, teče morska voda v zaliv. Ko je gladina vode na odprtem morju zaradi oseke najnižja, voda izteka iz zaliva na odprto morje. Zaradi bibavice teče voda v ožini zaliva najprej v eni, pozneje pa v nasprotni smeri. Rečemo lahko, da teče skozi ožino izmeničen vodni tok.

Tudi skozi električne vodnike lahko teče električni tok enkrat v eno, drugič v drugo smer. Takšen električni tok imenujemo izmenični tok. Čeprav teče električni tok iz baterije vedno le v eni smeri, bomo v naših vezjih srečali primere, ko skozi nekatere elemente v električnem vezju električni tok teče najprej v eni, nato v drugi smeri. Povedano z drugimi besedami, skozi te elemente bo tekkel izmenični električni tok.

FREKVENCA

Pri izmeničnem toku lahko preštejemo, kolikokrat se v sekundi zamenja smer električnega toka. Število sprememb smeri v eni sekundi imenujemo frekvenca. Po nemškem fiziku Heinrichu Hertzu, ki je preučeval izmenične tokove, imenujemo enoto za frekvenco hertz (Hz).

Spomnite se poglavja, v katerem smo govorili o osnovnih merskih enotah. Tam smo omenili, da vse druge merske enote lahko izpeljemo iz osnovnih enot. Med osnovnimi enotami ni enote za frekvenco.

In kako jo iz osnovnih enot lahko izpeljemo?

Frekvenca je število sprememb v sekundi. Za "število sprememb" ni enote, za sekundo pa imamo osnovno enoto. Enoto frekvence lahko izrazimo kot:

enota za frekvenco = enota za število sprememb / enota za čas
 $\text{Hz} = 1/\text{s}$.

To je bil primer enostavne povezave med enotami merskega sistema. Do nekaterih drugih enot (npr. volta ali ohma) pot ni tako enostavna. Če ima kakšen izmenični signal nizko frekvenco, potem rečemo, da je to nizkofrekvenčni signal. Električni tok, ki teče skozi navitje v zvočniku, je nizkofrekvenčen. Zvok, ki ga slišimo, ima frekvenco med 16Hz in 20kHz. Električne signale takšnih frekvenc imenujemo nizkofrekvenčni signali. Električni tok, ki teče skozi antenski vodnik med anteno in televizijskim sprejemnikom, je visokofrekvenčen.

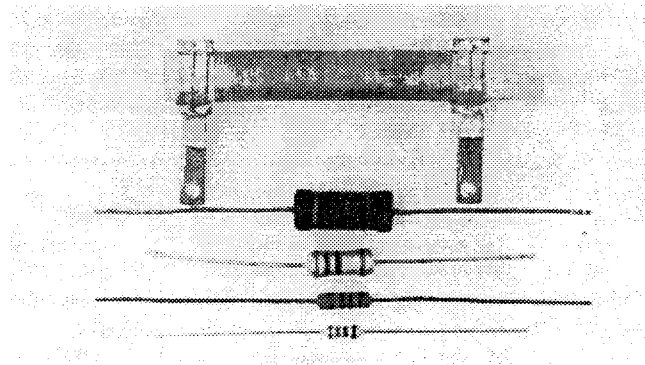
Če bomo imeli v naših vezjih opravka z izmeničnimi signali, bodo to nizkofrekvenčni signali.

UPOR

Upor je običajno narejen v obliki keramične cevke, na katero je nanesena uporabna plast (npr. grafit ali kovina). Na konca cevke sta pritrjeni žički, s katerima priključimo upor v vezje. Zunanji videz in električni simbol za upor sta prikazana na sliki f. in g..

Če bi želeli lastnosti upora ponazoriti z obnašanjem tekočin, bi si upor predstavili kot zožitev v cevi, skozi katero teče voda. Bolj bo cev zožena, težje bo tekočina tekla skozi to zožitev.

Tok skozi upor je odvisen od napetosti na priključkih in od upornosti samega upora. Višja je napetost, več toka steče skozi upor. Pri enaki napetosti steče več toka skozi upor z manjšo upornostjo.



Slika f. Upori

Pomen zgornje povedi bi z enačbo ponazorili tako:

$$I = U/R,$$

kjer je I tok skozi upor, U je napetost na priključkih upora, R pa upornost. Enačbo lahko napišemo tudi v drugačni obliki:

$$U = I \times R.$$

Po nemškem fiziku Georgu Simonu Ohmu, ki je preučeval razmerja med tokom, napetostjo in uporom v električnem tokokrogu, ta zakon imenujemo Ohmov zakon.



Slika g. Simbol za upor

Merska enota za električni upor je ohm (beri: om), ki jo sicer označujemo z veliko grško črko omega (Ω). Tako kot pri drugih enotah, tudi tukaj za večje vrednosti uporabljamo predpone kilo- in mega-: 1 kiloohm je tisoč ohmov, 1 megaohm pa je milijon ohmov. Ker so upori po svoji velikosti majhni, bi se na njih napisane številke zlahka izbrisale ali poškodovale in njihovo odčitanje bi postalo težavno. Zaradi tega so vrednosti uporov najpogosteje označene z barvnimi obroči.

KAKO PA BEREMO TE OZNAČBE?

Upor vzamemo v roko tako, da so barvne črte bližje levi strani upora. Če je na uporu narisano več črt, potem naj bo širša črta na desni strani. Na uporu je lahko tri do pet črt. Če so več kot tri črte, pomeni desna črta natančnost izdelave.

Če imamo na uporu tri ali štiri črte, prvi dve predstavljata številke, tretja pa število ničel, ki jih je treba dodati k prebranim številkam. Če pa je črt pet, potem so številke podane s prvimi tremi črtami, četrta pa predstavlja število ničel.

Pomen barv je tak:

- 0 črna
- 1 rjava
- 2 rdeča
- 3 oranžna
- 4 rumena
- 5 zelena
- 6 modra
- 7 vijoličasta
- 8 siva
- 9 bela

Z enakimi barvami je podano tudi število ničel, ki jih je treba dodati k prebranim številkam.

- 0 nobena
- 1 ena
- 2 dve
- 3 tri
- 4 štiri
- 5 pet
- 6 šest
- 7 sedem
- 8 osem
- 9 devet

Za označevanje uporov, manjših od 10 ohmov, je prebrana številčna vrednost že prevelika. V tem primeru je treba dobljeno številčno vrednost deliti z deset ali sto.

deli z deset zlata
deli s sto srebrna

Zadnji (četrti oz. peti) obroč pove, kako natančno je narejen upor. Ko v tovarni izdelujejo upore (ali kakršnekoli druge elemente), niso vsi izdelki med seboj popolnoma enaki. Tako se vsi upori, ki naj bi imeli enako upornost, med seboj nekoliko razlikujejo. Če vzamemo škatlo uporov z upornostjo npr. 100Ω in jim z ustreznim instrumentom izmerimo upornost, ugotovimo, da se izmerjene vrednosti nekoliko razlikujejo. Pri natančnejši izdelavi se te upornosti razlikujejo manj, pri manj natančni izdelavi pa bolj. Lahko si predstavljate, da so natančnejše narejeni elementi dražji. Z ozirom na uporabo in ceno elementov se mora uporabnik sam odločiti, koliko natančno izdelane elemente potrebuje.

Proizvajalec uporov pogosto zagotavlja natančnost izdelka. Če je na uporu navedena natančnost izdelave, je le-ta označena s spodaj navedenimi barvnimi označbami.

$\pm 10\%$ srebrna
 $\pm 5\%$ zlata

± 1%	rjava
± 2%	rdeča
± 0,5%	zelena
± 0,25%	modra
± 0,1%	vijoličasta
± 0,05%	siva

Tako ima npr. upor, ki ima upornost 100Ω in je izdelan z natančnostjo $\pm 10\%$, upornost zagotovo med 90 in 110Ω .

Oglejmo si nekaj primerov.

Upor s tremi črtami: rjava, črna, rdeča.

Vrednost je: ena, nič, dve ničli: 1000Ω .

Upor s štirimi črtami: oranžna, oranžna, oranžna, zlata

Vrednost je: tri, tri, tri ničle: 33000Ω oz. $33\text{ k}\Omega$

Natančnost je $\pm 5\%$.

Upor s petimi črtami: rdeča, črna, zelena, zlata, (široka) rdeča.

Vrednost je: dva, nič, pet, deli z deset: $20,5\Omega$.

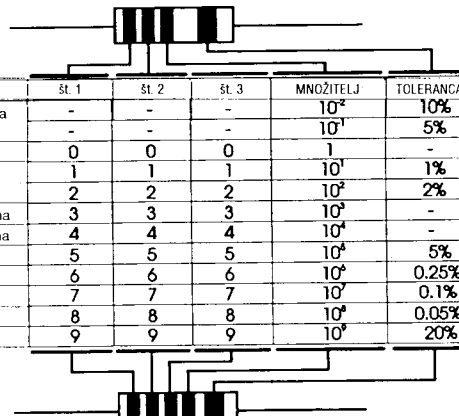
Natančnost je $\pm 2\%$.

Če potrebujemo močnejši upor, potem je ta običajno večji po svoji velikosti. Zelo močni upori so narejeni tako, da je na keramično cevko navita uporovna žička. V naših vezjih takšnih uporov ne bomo uporabljali.

Včasih potrebujemo upor, ki mu zlahka spreminjamo vrednost. Mislimo si, da imamo na uporu drsni kontakt. Če kontakt premikamo, se med enim izmed priključkov in drsnim kontaktom upornost spreminja. Takšne spremenljive upore imenujemo potenciometri. V potenciometrih se uporovna plast nahaja na ploščici v obliki prstana. Drsnik je pritrjen na vrtljivo os. Primer rabe potenciometra imamo v vezju, s katerim nastavljamo glasnost na radijskem sprejemniku. Ker je ohišje potenciometra dovolj veliko, je

upornost napisana s številkami kar na ohišju potenciometra, npr. 50k ($50\text{ k}\Omega$).

Če želimo potenciometer uporabiti kot spremenljivi upor, ga v vezje vključimo tako, da uporabimo eno končno sponko in srednjo sponko, na katero je priključen drsnik potenciometra. Ko je os potenciometra zasukana tako, da je drsnik potenciometra zelo blizu tistega priključka, ki je uporabljen, je upornost med tem priključkom in drsnikom zelo majhna; lahko kar rečemo, da je nič. Ko je drsnik potenciometra zelo blizu tistega konca potenciometra, ki ni nikamor priključen, bo takrat med drsnikom in uporabljenim priključkom potenciometra uporovna plast prisotna z vso svojo dolžino. Takrat bo upornost med drsnikom in uporabljenim potenciometriškim priključkom največja možna za ta potenciometer. To je upornost, ki



BARVA	št. 1	št. 2	št. 3	MNOŽITELJ	TOLERANCA
Srebrna	-	-	-	10^2	10%
Zlata	-	-	-	10^1	5%
Črna	0	0	0	1	-
Rjava	1	1	1	10^1	1%
Rdeča	2	2	2	10^2	2%
Oranžna	3	3	3	10^3	-
Rumena	4	4	4	10^4	-
Zelena	5	5	5	10^5	5%
Modra	6	6	6	10^6	0.25%
Vijola	7	7	7	10^7	0.1%
Siva	8	8	8	10^8	0.05%
Bela	9	9	9	10^9	20%

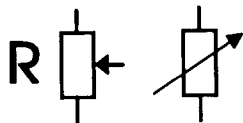
je navedena na ohišju potenciometra.

Ko potenciometer uporabljamo kot spremenljivi upor, sta uporabljena samo dva priključka: srednji in eden izmed končnih.

Zato pogosto v stikalnih načrtih takšen spremenljivi upor označimo kot upor, čez katerega je narisana puščica. V splošnem velja, da

puščica, narisana čez simbol elementa, pomeni, da je le-ta spremenljiv.

Na sliki h. sta prikazana shematski prikaz potenciometra in potenciometra, ki je uporabljen kot spremenljivi upor.



Slika h. Simbol za potenciometer

KRATKI STIK

Upornost žice je, v primerjavi z upornostjo kateregakoli drugega elementa v vezju, zanemarljivo majhna oz. lahko kar rečemo, da je nič. Če vzporedno s kakšnim elementom postavimo žico, zaradi tega ves električni tok teče raje skozi žico kot skozi element. Lahko bi rekli, da je električni tok stekel po zanj enostavnejši oz. "krajši" poti. Zato takšno prevezavo imenujemo kratki stik.

Kratki stik imenujemo tudi prevezavo, ki smo jo naredili s tipko ali stikalom potem, ko smo tipko pritisnili ali stikalo sklenili.

ODPRTE SPONKE

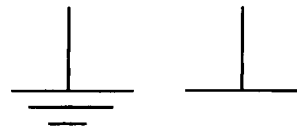
Če na enem mestu vezje razklenemo, preneha obstajati pot, po kateri bi električni tok lahko tekkel, kajti skozi zrak električni tok ne more teči. Takšno mesto imenujemo odprte sponke. Če je še samo en priključek kakšnega elementa v zraku, skozi ta element električni tok ne more teči.

MASA

Večkrat bomo uporabljali pojem "masa". V elektrotehniko ta pojem običajno predstavlja del vezja, ki je z žico priključen na negativni baterijski priključek. Npr. pri avtomobilu za vsak vodnik, ki je

priključen na šasijo avtomobila, pravimo, da je priključen na maso. V naših vezjih bo pojem "masa" pomenil, da je to priključeno na negativni baterijski priključek.

Običajno se napetosti merijo med določeno točko in maso oz. negativnim baterijskim priključkom. Torej, če nekje piše, da je na kolektorju 9V, pomeni, da je napetost merjena med tem kolektorjem in maso oz. negativnim baterijskim priključkom. Simbol mase je narisano na sliki i..



Slika i. Simbol mase

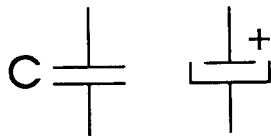
KONDENZATOR

Kondenzator je narejen iz dveh vzporednih plosč, med katerima je plast snovi, ki ne prevaja električnega toka. Da bi bil kondenzator po svojih zunanjih dimenzijah manjši, je zvit podobno, kot so zвите papirnate brisače.

Sposobnost kondenzatorja, da vase sprejme določeno količino elektrine, imenujemo kapacitivnost. Po angleškem kemiku in fiziku Michaelu Faradayu imenujemo farad (F) enoto za kapacitivnost. Simbol za kapacitivnost je C. En farad je zelo velika enota, zato pogosteje uporabljamo mnogo manjše enote: mikrofarad (μF) je milijonti del farada, nanofarad (nF) je še tisočkrat manjši od mikrofarada. Številčna vrednost kapacitivnosti je najpogosteje kar številčno napisana na samem kondenzatorju.

Kako bi ponazorili kondenzator pri naših poskusih z vodo? Če na konec cevi postavimo prazen balon, se ta napolni z vodo. Če cev odstranimo, začne iz balona brizgati voda. Večji je balon, več vode

gre vanj. Če je zgornja posoda postavljena višje, gre v balon prav tako več vode.



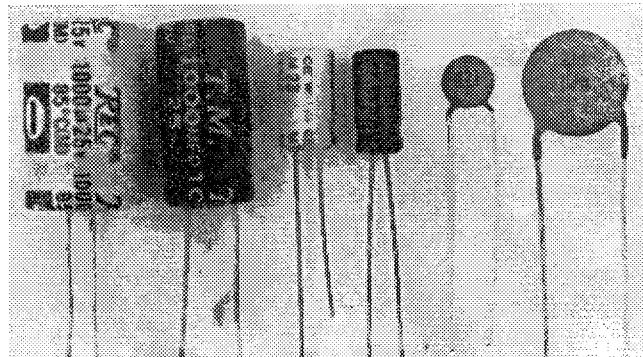
Slika j. Simbol navadnega in elektrolitskega kondenzatorja

Pri kondenzatorju bi lahko rekli, da višina zgornje posode ustreza napetosti na sponkah kondenzatorja, velikost balona je kapacitivnost, količina vode, ki jo lahko spravimo v balon, pa je elektrina. Kapacitivnost kondenzatorja je

$$C=Q/U,$$

kjer sta Q elektrina (v coulombih, C), ki je na ploščah kondenzatorja, U pa napetost na sponkah kondenzatorja (v voltih, V). Če ima kondenzator večjo kapacitivnost, gre vanj pri isti napetosti več elektrine.

Kondenzatorji, ki jih bomo uporabili v naših poskusih, so različnih oblik in velikosti. Eni so v obliki tabletk, ki imajo na obeh ploskvah žičke. To so keramični kondenzatorji. Drugi imajo obliko plastičnih valjčkov ali kockic. Ti imajo v svoji notranjosti zvite folije in so zaliti v ohišju. Tretja izvedba so elektrolitski kondenzatorji. Zanje je značilno to, da ni vseeno, kako jih priključimo. Na ohišju elektrolitskega kondenzatorja je posebej navedeno, kateri priključek gre na pozitivno, kateri pa na negativno napetost v vezju.



Slika k. Kondenzatorji

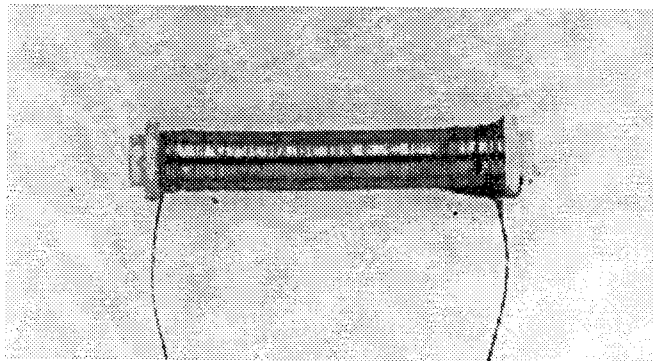
Na ohišju elektrolitskega kondenzatorja je navedeno tudi, kolikšno napetost prenese. Če ga priključimo na višjo napetost, je elektrolitski kondenzator zelo hitro uničen.

Elektrolitski kondenzatorji imajo kapacitivnost več mikrofadarov. Shematski prikaz ter zunanji videz navadnega in elektrolitskega kondenzatorja sta prikazana na sliki j. in k..

TULJAVA

Tuljava je pravzaprav dolga žica, navita na nosilec. Če skozi tuljavo teče električni tok, se tuljava obnaša kot magnet. To lahko vidimo tako, da tuljava, skozi katero teče tok, pritegne majhne železne koščke, npr. žičke, matice in vijake.

Tuljava se upira spremembi toka, ki teče skozi njo. Podobno se obnaša tudi dolga, navita cev, skozi katero teče voda. Če je cev dolga, je v njej mnogo vode. Ko začetek cevi odstranimo z ventila na zidu, voda še nekaj časa izteka, šele nato se umiri in neha teči.



Slika l. Tuljava

Lastnost tuljave je induktivnost. V počastitev angleškega fizika Josepha Henryja imenujemo enoto za induktivnost henry (H). Simbol za induktivnost je L.

Slika tuljave in njen električni simboli sta prikazana na slikah l. in m..



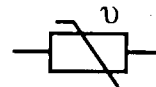
Slika m. Simbol tuljave

TERMISTOR

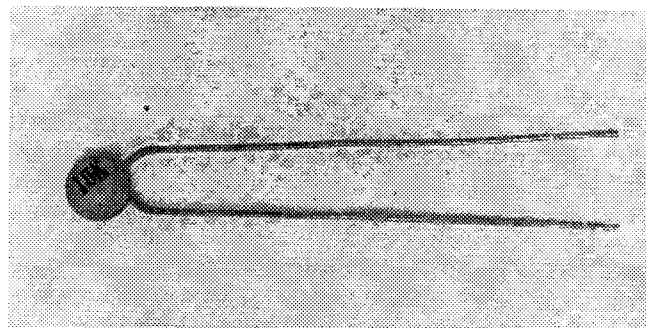
Termistor je posebna izvedba upora. Zanj je značilno, da se njegova upornost zelo spremeni, če ga segrejemo. Z ozirom na to ali se zaradi segrevanja upor zmanjša ali poveča, pravimo, da ima termistor negativen ali pozitiven temperaturni koeficient. Upornost termistorja se podaja pri sobni temperaturi (20° C). V našem kompletu je

priložen termistor, kateremu z naraščanjem temperature upornost pada.

Po svoji zunanosti so termistorji pogosto podobni keramičnim kondenzatorjem. Upornost je označena ali številčno ali z barvami tako, da je prva barvna označba na mestu, ki je nasproti priključnim žicam. Električni simbol in zunanji videz termistorja sta prikazana na slikah n. in o..



Slika n. Simbol termistorja



Slika o. Termistor

ŽARNICA

V kompletu je tudi žarnica, ki jo bomo uporabljali v naših poskusih. Električni simbol za žarnico je prikazan na sliki p., zunanji videz žarnice z okovom pa na sliki s..

Žarnica z žarilno nitko je izum, s katerim sta približno v istem času zaslovela izumitelja: Američan Thomas Alva Edison in Anglež Sir Joseph Wilson Swan.



Slika p. Simbol žarnice

POLPREVODNIŠKA DIODA

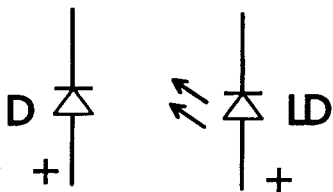
Polprevodniška dioda izkorišča lastnost snovi, ki prevajajo električni tok le v določenih pogojih.

Za polprevodniško diodo je značilno, da električni tok prevaja v eni smeri, v drugi pa ne. Zato moramo pri priključevanju diode v vezje paziti na to, da je dioda obrnjena v pravo smer. Na diodi je posebej označeno, v kateri smeri bo prevajala električni tok. Pozitivni priključek diode imenujemo anoda, negativnega pa katoda. Skozi diodo tok teče takrat, ko anodo priključimo na pozitivni, katodo pa na negativni pol baterije.

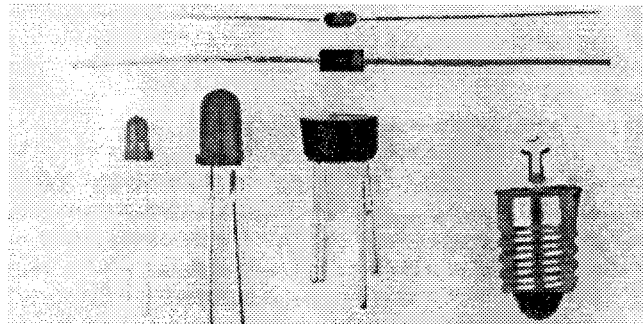
Če je dioda narejena v obliki valjčka, je običajno katoda označena z barvno črto ali pa je na telesu diode narisana simbol diode.

Posebna inačica diod so svetleče diode. Ko skozi svetlečo diodo teče električni tok, le-ta sveti. Svetleče diode so narejene tako, da oddajajo svetlobo različnih barv, npr. rdečo, zeleno ali rumeno. Pri svetlečih diodah je katodni priključek krajši, obroček ohišja diode pa je na katodni strani odrezan.

Različni tipi diod, svetleče diode in ustrezni električni simboli so prikazani na slikah r. in s..



Slika r. Simbol diode in svetleče diode



Slika s. Prikaz žarnice in diod

TRANZISTOR

Tranzistor je sad raziskovalnega dela v raziskovalnih laboratorijih ameriškega podjetja Bell. Izumili so ga leta 1948 Walter H. Brattain, John Bardeen in William Shockley. Izum tranzistorja je sprožil plaz nezadržnega razvoja elektronike, katerega priče smo tudi mi danes. Tranzistor je polprevodniški element s tremi priključki. Značilno zanj je, da se njegova upornost zelo spreminja v odvisnosti od toka, ki teče skozi krmilni priključek.

Kako bi obnašanje tranzistorja ponazorili s pretakanjem vode skozi cevi? Denimo, da je v cevi postavljen ventil. Vzmet drži ventil zaprt. Na osi ventila je dolga ročica, na kateri je posodica z luknjo, skozi katero lahko odteka voda. Skozi tanko cevko pripeljemo iz zgornje posode vodo v to posodico. Posodica se napolni in ročica se počasi premika ter tako odpre ventil v debeli cevi. Skozi to cev sedaj lahko steče mnogo vode. Ko zapremo tanko cevko, iz posodice izteče voda, vzmet obrne ročico in ventil se zapre. Z majhno količino vode lahko uravnavamo pretok vode skozi debelo cev.

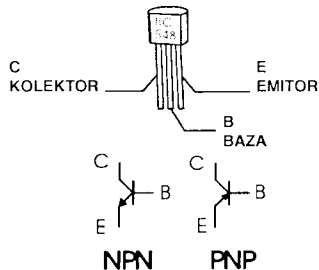
Debelo cev smo do ventila pripeljali iz vsebnika. To mesto na ventilu imenujemo kolektor. Pretok vode v debeli cevi smo uravnavali s pre-

tokom vode skozi tanko cev do majhne posode. Majhno posodo poimenujmo baza. Iz našega ventila in posodice voda odteka v skupno posodo (imenujmo jo emitor), od tu voda teče v spodnjo, zbiralno posodo.

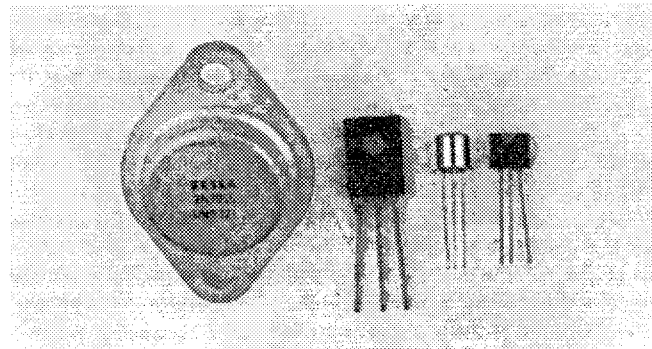
Pri polprevodniškem tranzistorju so ustrezni trije priključki imenovani kolektor, baza in emitor. Na ohišjih tranzistorjev so priključki le poredkoma posebej označeni. Če je to tako, je običajno označen emitor. Razporeditev priključnih nogic ni enaka pri vseh tranzistorjih, zato ne moremo vedno reči, da je baza srednji priključek, kot je to prikazano na sliki t. Da bi ugotovili, kakšna je razporeditev kontaktov, je vedno potrebno pogledati v katalog, v katerem so navedene lastnosti tranzistorja.

Na sliki u. je prikazano nekaj različnih tipov tranzistorjev. Na sliki t. je narisana tudi razporeditev nogic za tranzistor BC548, kakršen je v našem kompletu (trije kosi).

Prikazan je tudi simbol tranzistorja. Debela črta predstavlja bazo. Iz nje gre poševna črta, ki predstavlja kolektor. Tretja črta ima na sebi puščico. Smer puščice kaže smer toka skozi tranzistor. Če je puščica obrnjena stran od baze, teče tok z emitorskega priključka ven in takrat gre za t.im. tranzistor NPN. Če je puščica obrnjena v bazo, gre za t.im. tranzistor PNP. Princip delovanja obeh je enak, le da tokovi tečejo v nasprotnih smereh. V našem kompletu so le tranzistorji NPN.



Slika t. Simbol tranzistorja



Slika u. Različni tipi tranzistorjev

MONTAŽNA PLOŠČA

Vse poskuse, opisane v tej knjigi, bomo naredili na priloženi montažni plošči. Izdelava plošče ne zahteva uporabe spajkalnika, izvijača ali klešč. Vse povezave lahko naredite z rokami.

V montažni plošči so narejene luknje. Pri sestavljanju vezja pazljivo pogledjte, kakšna je razporeditev kontaktov na prikazani risbi. Na ustrezna mesta nato vtaknite vzmetne sponke tako, kot je to prikazano na sliki v..

Če gre žica samo skozi en ovoj na vzmeti, bo lahko hitro izpadla iz vzmetne sponke in vezje ne bo delovalo. Zato naj gre žica skozi vzmet tako, da sta med vstopnim in izstopnim mestom na vzmeti vsaj dva ovoja. Razumljivo je, da mora biti žica, ki ste jo vtaknili v vzmet, na tem mestu brez izolacije. Žico, ki je pravilno vtaknjena v vzmetno sponko, lahko vidite na sliki z..

Pazljivo pripravite element, ki ga mislite priključiti. Nikoli ne zvijajte žice tik ob samem elementu. Po nekajkratnem zvijanju priključna žička na tem mestu počni in element je neuporaben.

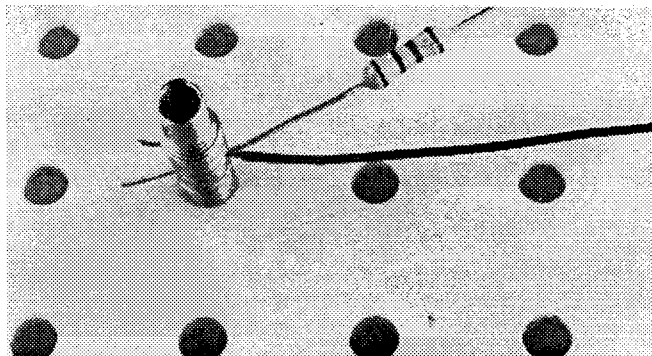
Da baterija s svojo težo ne bi za sabo vlekla celotnega vezja, jo

pritrđite na osnovno ploščo. V ta namen lahko uporabite priloženi material (žičke in vzmetne sponke).

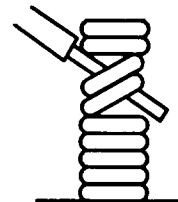
Tako. Končali smo s spoznavanjem osnovnih sestavnih delov elektronskih vezij. Sedaj začnimo s sestavljanjem vezij. Pri vsakem vezju si najprej dobro ogledajte, kako je vezje narejeno. V kompletu poiščite vse potrebne sestavne dele. Vzmetne sponke razporedite tako, kot je razvidno na prikazu vezja. Dobro si ogledajte podobnosti med prikazom vezja in shematskim prikazom stikalnega načrta.

Nato se lotite sestavljanja vezja. Najprej postavite vzmetne sponke. Nato žice, stikala, upore, kondenzatorje itd. Polprevodniške elemente priključite na koncu. Pred priključevanjem baterije še enkrat preverite, če ste pravilno priključili vse elemente. Pazite na to, kako priključite polprevodniške elemente in elektrolitske kondenzatorje! Če niste naredili napake, vezje deluje, če ne, takoj odklopite baterijo in poskusite poiskati, kaj je temu vzrok.

Želimo vam obilo zabave in veselja!



Slika z. Vstavljanje žice v vzmetno sponko



Slika v. Vstavljanje vzmetnih sponk v montažno ploščo

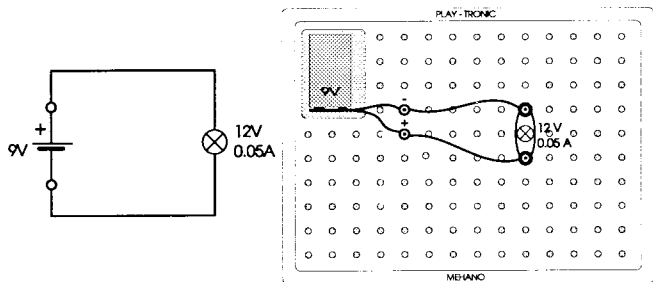
VSEBINA PRILOŽENEGA PAKETA

Št.	Naziv elementa	Kos.			
1	osnovna plošča	1	32	keramični kondenzator 100 nF	1
2	vzmetne sponke	30	33	elektrolitski kondenzator 100 μ F/16V	2
3	žarnica 12V, 0.05A	1	34	elektrolitski kondenzator 1000 μ F/16V	1
4	okov za žarnico	1	35	vezna žica, dolžine 55 mm	4
5	stikalo	1	36	vezna žica, dolžine 100 mm	6
6	priključek za 9V baterijo	1	37	vezna žica, dolžine 150 mm	4
7	magnet	1			
8	navitje za rele	1			
9	tranzistor BC548	3			
10	rdeča svetleča dioda	1			
11	zelená svetleča dioda	2			
12	zvočnik 8 Ω , 0.5W	1			
13	dioda 1N4004	2			
14	termistor NTC 10 k Ω	1			
15	Reed kontaktnik	1			
16	tipalo za vlago	1			
17	potenciometer 100 Ω	1			
18	potenciometer 10 k Ω	1			
19	potenciometer 47 k Ω	1			
20	upor 33 Ω , 0.5W	1			
21	upor 56 Ω , 0.5W	1			
22	upor 100 Ω , 0.5W	1			
23	upor 270 Ω , 0.5W	1			
24	upor 1 k Ω , 0.5W	2			
25	upor 2.2 k Ω , 0.5W	1			
26	upor 5.6 k Ω , 0.5W	1			
27	upor 22 k Ω , 0.5W	3			
28	upor 100 k Ω , 0.5W	1			
29	keramični kondenzator 1.5 nF	1			
30	keramični kondenzator 10 nF	2			
31	keramični kondenzator 47 nF	1			

ŠTO VEZUJ

1. ENOSTAVNI ELEKTRIČNI TOKOKROG

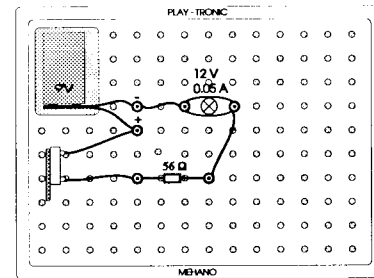
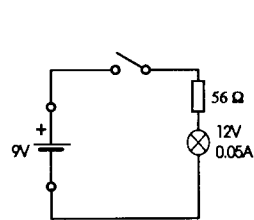
Vstavite žarnico v okov. S priključnimi žicami jo povežite z baterijo tako, kot je prikazano na sliki 1. Nato priključite še baterijo. Električni tok bo stekel s pozitivnega pola baterije skozi žico do žarnice, skozi žarnico, nato še skozi drugo žico na negativni pol baterije. Žarnica bo svetila toliko časa, dokler se baterija ne bo izpraznila ali dokler vi sami ne boste prekinili električnega tokokroga.



Slika 1

2. ELEKTRIČNI TOKOKROG S STIKALOM

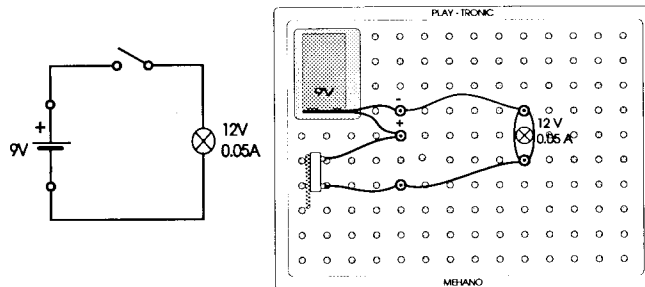
Dodajte eno vzmetno sponko in v tokokrog vključite še stikalo. Sedaj bo žarnica svetila samo tedaj, ko bo stikalo vključeno.



Slika 2

3. ZAPOREDNA VEZAVA DVEH ELEMENTOV

Na montažno ploščo dodajte še eno vzmetno sponko. Spremenite tokokrog tako, da je med stikalo in žarnico vstavljen upor 56 W. Ko pritisnete tipko, bo žarnica svetila, vendar mnogo šibkeje kot v prejšnjem primeru.



Slika 3

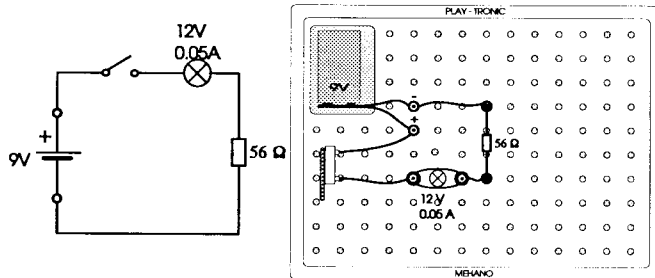
4. ALI JE POMENBNO, KAKO PRIKLJUČIMO UPOR?

V prejšnjem vezju obrnite upor tako, da bosta priključka med seboj zamenjana. Ko pritisnete tipko, bo žarnica svetila enako kot v prejšnjem primeru. Ugotovimo lahko, da je v električnih vezjih vseeno, kako obrnemo upor.

Če pogledate električno shemo, je le-ta enaka kot v prejšnjem primeru. Na električni shemi ni posebej označeno, kako mora biti upor obrnjen. To pomeni, da za delovanje vezja to ni pomembno.

5. ALI JE POMEMBNO, KAKO PRIKLJUČIMO ŽARNICO?

Naredimo poizkus, podoben prejšnjemu. Med seboj zamenjajte priključka žarnice. Tudi pri žarnici je vseeno, kako jo priključimo v vezje. Na električni shemi ni posebej označeno, kako mora biti žarnica obrnjena, priključni sponki žarnice pa nista posebej označeni. To pomeni, da je za delovanje vezja to nepomembno.



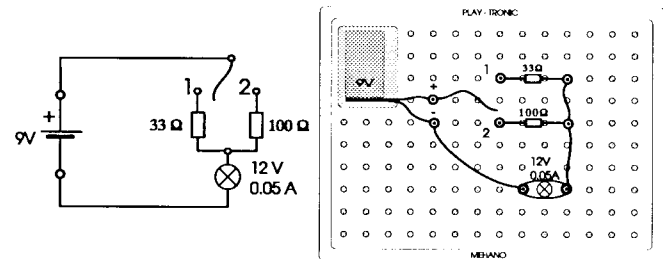
Slika 5

6. ALI JE POMEMBEN VRSTNI RED ZAPOREDNO VEZANIH ELEMENTOV?

V vezju (Slika 5) sestavljajo tokokrog baterija, stikalo, upor in žarnica. Zamenjajte med seboj katerakoli dva elementa in ponovno preizkusite vezje. Obnašalo se bo enako kot v prejšnjem primeru. Ne glede na to, kako razporedimo elemente, teče električni tok s pozitivnega baterijskega priključka po vrsti skozi vse elemente vezja, ki so v sklenjenem tokokrogu. Če je v električnem tokokrogu zaporedno vezanih več elementov, je za delovanje električnega vezja vrstni red zaporedno vezanih elementov nepomemben.

7. TOK SKOZI UPOR

Žička s pozitivnega baterijskega priključka naj bo v zraku. Žarnica ne bo svetila, ker tokokrog ni sklenjen. Z žičko se dotaknite vzmetne sponke št. 1 in žarnica bo zasvetila. Dotaknite se z žičko vzmetne sponke št. 2. Žarnica bo tudi v tem primeru zasvetila, vendar nekoliko šibkeje.

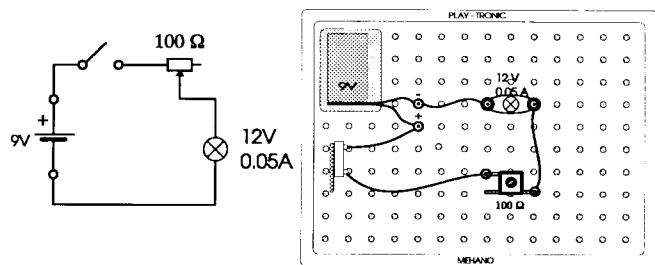


Slika 7

Žarnica sveti močneje, kadar skozi teče večji tok. Od tod sledi, da teče skozi žarnico večji tok takrat, ko ste se z žičko dotaknili sponke Št. 1. V prvem primeru je tok stekel skozi upor 33Ω , nato skozi žarnico in nazaj v baterijo. V drugem primeru je razlika le v tem, da je sedaj v tokokrogu upor 100Ω . Če je kje vzrok temu, da je v drugem primeru iz baterije tekel manjši tok, je to lahko le v vrednosti upora. V drugem primeru je le-ta večja!

8. TOKOKROG Z NASTAVLJIVIM ELEKTRIČNIM TOKOM

Sestavite vezje kot je prikazano na sliki 8. Vključite stikalo, zavrtite os potenciometra levo-desno. Ko je upor potenciometra najmanjši, žarnica najmočneje sveti. Spomnite se Ohmovega zakona: pri isti napetosti bo tok večji, če je upornost manjša. Kaj pa v tokokrogu predstavlja upor? To so vse žice, upornost žarnice in upornost potenciometra. Ko je stikalo vključeno, je upornost nič. Upornost priključnih žic je v primerjavi z upornostjo uporov in žarnice zanemarljivo majhna, zato je v obravnavi ne bomo upoštevali. Tok, ki teče skozi žarnico, je enak tistemu, ki teče skozi potenciometer.



Slika 8

Ohmov zakon velja vedno, tako za žarnico kakor tudi za potenciometer. Naj bo upornost celotnega tokokroga R , upornost žarnice R_z , upornost potenciometra pa R_p .

Če je napetost baterije U , potem velja

$$U = I \times R,$$

kjer je I tok skozi vezje, R pa upornost celotnega tokokroga. Na potenciometeru je napetost

$$U_p = I \times R_p,$$

na žarnici pa napetost

$$U_z = I \times R_z.$$

Napetost baterije se razporedi na potenciometer in žarnico. Napetost baterije je enaka vsoti napetosti na potenciometeru in žarnici.

$$U = U_p + U_z$$

Če bi v tokokrogu imeli več uporov, bi bila napetost na bateriji enaka vsoti napetosti na vseh uporih v tokokrogu. Po fiziku Gustavu Robertu Kirchoffu imenujemo to pravilo Kirchoffov zakon za napetosti oz. drugi Kirchoffov zakon.

Zgornjo enačbo lahko zapišemo tudi na takšen način.

$$I \times R = I \times R_p + I \times R_z$$

Če levo in desno stran enačbe delimo z I , ostane enačba še naprej veljavna, le da ima sedaj obliko

$$R = R_p + R_z$$

Torej: celotna upornost zaporedno vezanih elementov v tokokrogu je enaka vsoti vseh uporov, ki so v tokokrogu.

Če se spreminja vrednost potenciometra R_p , se spreminja celotna upornost v tokokrogu in s tem tudi električni tok v tokokrogu. Zaradi tega se spreminja tudi svetilnost žarnice.

Spomnimo se zgodbe o posodi z vodo, zaporedno vezavo dveh uporov (kajti žarnico si lahko predstavljamo tudi kot upor) bi si lahko zamislili takole: iz zgornje posode teče voda skozi prvo cev, iz le-te pa v drugo, iz katere teče voda v spodnjo posodo.

Včasih se zgodi, da nimamo upora z zahtevano upornostjo. Če imamo dva upora, katerih vsota upornosti ustreza iskani, ju lahko vežemo zaporedno in tako priključimo v vezje. Nadomestno upornost lahko sestavimo iz poljubnega števila zaporedno vezanih uporov. Pri tem velja, da je celotna upornost enaka vsoti upornosti vseh zaporedno vezanih uporov v verigi:

$$R=R_1+R_2+R_3\dots$$

R je nadomestna upornost vseh zaporedno vezanih uporov skupaj. R_1 , R_2 , $R_3\dots$ pa so upornosti posameznih uporov.

Upornost celotne verige zaporedno vezanih uporov je vedno večja od upornosti upora, z največjo upornostjo.

9. DELITEV NAPETOSTI NA DVEH ZAPOREDNO VEZANIH UPORIH

V vezju na sliki 9 sta dva upora vezana zaporedno. Žička, ki je priključena na vzmetno sponko št. 3, naj ima drugi konec v zraku. Skupna upornost zaporedno vezanih uporov je:

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_2 \text{ oz.} \\ R &= 56 + 33 \text{ ali} \\ R &= 89 \Omega. \end{aligned}$$

Skupna upornost zaporedno vezanih uporov je večja od upornosti največjega izmed zaporedno vezanih uporov.

Tok, ki iz baterije teče skozi zaporedno vezana upora, je po Ohmovem zakonu

$$U=I \times R.$$

Če zgorjjo enačbo na obeh straneh delimo z R , dobimo

$$I=U/R.$$

Naprej sledi

$$I=9V/89 \Omega$$

Ali približno

$$I=0.1A$$

Izračunajmo napetost na posameznih uporih. Že spet uporabimo Ohmov zakon

$$U=I \times R$$

Označimo napetosti na uporih R_1 in R_2 kar U_1 in U_2 . Tako velja

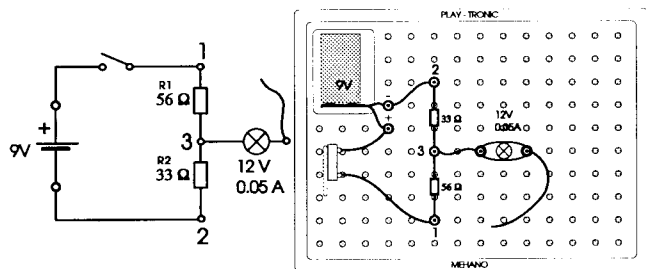
$$U_1=R_1 \times I$$

oziroma

$$\begin{aligned} U_1 &= 0.1A \times 56 \Omega \\ U_1 &= 5.6V \end{aligned}$$

Podobno velja

$$U_2 = I \times R_2$$
$$U_2 = 0.1 \times 33$$
$$U_2 = 3.3V$$



Slika 9

Napetost na bateriji je enaka vsoti napetosti na obeh uporih.

$$U = U_1 + U_2$$
$$U = 5.6 + 3.3$$

oziroma približno

$$U = 9V$$

Napake pri izračunu lahko zanemarimo. Vzrok za nastanek teh napak je v tem, da smo številčno vrednost toka, ki teče iz baterije skozi upora, zapisali le približno.

Če imamo torej zaporedno vezana upora, bo na večjem uporu tudi

višja napetost. Prepričajmo se o tem!

Konec žičke, ki je v zraku, prvič pritaknite na vzmetno sponko 1, drugič pa na vzmetno sponko 2. Ponovite to nekajkrat. V prvem primeru bo žarnica svetila močnejše, v drugem pa šibkeje. To je razumljivo, kajti na prvem uporu je večji, na drugem pa manjši delež celotne baterijske napetosti.

10. TOKOKROG S SVETLEČO DIODO

V vezju imamo potenciometer z upornostjo 10kΩ in z njim zaporedno vezan upor 1kΩ. Pazite na to, kako ste obrnili svetlečo diodo! Za poskus vzemite rdečo svetlečo diodo.

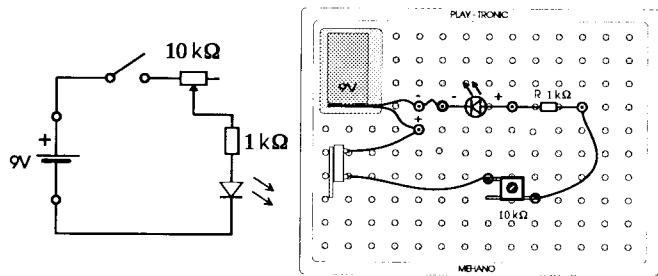
Sučite os potenciometra levo-desno. Svetilnost svetleče diode se bo spreminjala.

Obrnite potenciometer tako, da dioda najmanj sveti. Sedaj imamo v vezju upor 1kΩ in potenciometer z upornostjo 10kΩ. Skupna upornost obeh je 11kΩ.

Obrnite potenciometer tako, da dioda sveti najmočnejše. Drsnik potenciometra je sedaj v takšnem položaju, da sta drsnik in uporabljeni priključek potenciometra skupaj. Zato je upornost potenciometra najmanjša, lahko rečemo, da je kar nič. Skupna upornost upora in potenciometra je samo 1kΩ.

Kar se dogaja, je v skladu z Ohmovim zakonom. Pri večjem uporu potenciometra je celotna upornost vseh zaporedno vezanih elementov (potenciometra, upora in diode; za stikalo lahko predpostavljamo, da ima upornost nič) večja. Zato bo tok, ki teče iz baterije manjši in dioda bo zato manj svetila.

Večje bi lahko delovalo tudi brez upora 1kΩ, vendar bi tedaj morali paziti, da ne bi bil drsnik potenciometra nikoli v položaju, ko bi bila upornost potenciometra nič.



Slika 10

V takšnem primeru bi skozi diodo stekel zelo velik električni tok, kar bi bilo za svetlečo diodo pogubno: svetleča dioda bi pregorela. Da bi pri uporabi tega vezja ne imeli takšnih skrbi, smo namenoma v zaporedno vezje s potenciometrom vstavili še en upor. Skupna upornost upora in potenciometra ne bo nikoli nič. Svetleča dioda bo tako varna pred prevelikim tokom.

V katerem vezju teče iz baterije večji tok: v tem ali v onem z žarnico? Seveda, v onem z žarnico, kajti po ohmovem zakonu bo pri isti napetosti baterije zaradi manjšega upora tok večji, saj velja

$$I = U/R$$

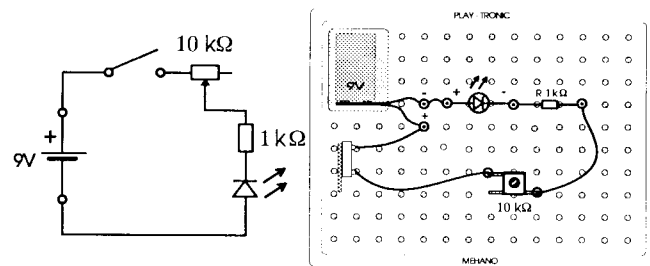
Če bi ju pustili priključene dolgo časa, kaj bi dlje časa svetilo: žarnica ali svetleča dioda? Svetleča dioda, seveda. Ker je za žarnico potreben večji tok, se bo baterija prej izpraznila. Svetujemo, da tega ne preverjate, ker bi morali za nadaljnje poskuse kupiti novo baterijo.

11. ALI JE POMEMBNO, KAKO PRIKLJUČIMO SVETLEČO DIODO?

Zamenjajte med seboj priključka svetleče diode. Ko pritisnete tipko, dioda ne bo svetila. Zakaj?

Spomnite se opisa diode. Skozi diodo teče električni tok samo v eni smeri. Če je v električnem vezju svetleča dioda obrnjena narobe, skozi njo ne bo mogel teči električni tok in zato ne bo svetila.

V splošnem si velja zapomniti, da je za polprevodniške diode zelo pomembno, kako jih priključimo. Če dioda ni pravilno obrnjena, vezje ne bo delovalo, v skrajnem primeru obstaja tudi možnost, da zaradi takšne nepredvidnosti dioda (ali kateri drugi element v vezju) pregori. Zato pred priključevanjem vezja s polprevodniškimi diodami na električno napetost vedno preverite, če je dioda pravilno obrnjena.

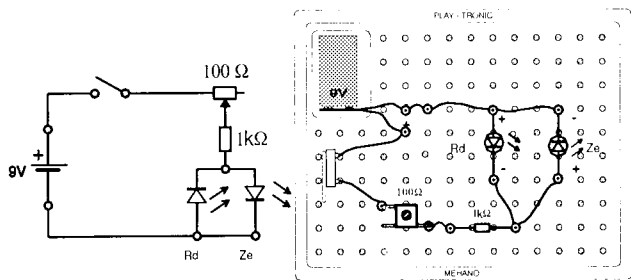


Slika 11

12. VEZJE Z DVEMA NASPROTNO OBRNJENIMA SVETLEČIMA DIODAMA

V zgornje vezje dodajte še drugo (zeleno) svetlečo diodo. V vezje jo priključite tako, da je sicer priključena vzporedno z diodo, ki je že

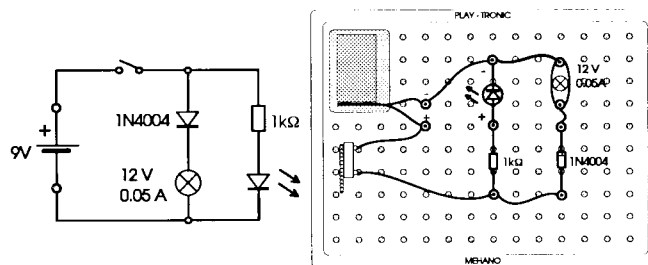
bila v vezju, vendar jo obrnite v nasprotno smer. Pritisnite tipko. Rdeča svetleča dioda bo svetila enako kot prej. Zelena svetleča dioda je obrnjena tako, da skozi njo ne more teči električni tok in zato dioda ne sveti. Sedaj med seboj zamenjajte priključni žici, s katerima je baterija priključena v vezje. Pritisnite tipko. Svetila bo zelena dioda. Ker sta baterijska priključka med seboj zamenjana, teče električni tok v nasprotni smeri. Tok lahko teče sedaj skozi zeleno diodo, kajti rdeča svetleča dioda je obrnjena v zaporni smeri.



Slika 12

13. VEZJE Z ŽARNICO IN SVETLEČO DIODO (1)

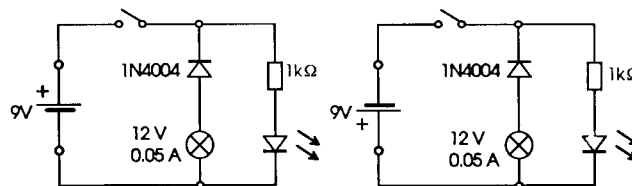
Vežje je narejeno tako, da lahko tok teče skozi dve vzporedno vezani veji vezja. V eni veji sta zaporedno vezani žarnica in navadna dioda, v drugi pa upor in svetleča dioda. Ko pritisnemo tipko, svetita žarnica in dioda.



Slika 13

14. VEZJE Z ŽARNICO IN SVETLEČO DIODO (2)

Obrnite navadno diodo tako, da med seboj zamenjate priključka te diode. Sedaj bo svetila samo svetleča dioda. To je razumljivo, saj skozi vejo, v kateri je žarnica, ne teče električni tok, kajti skozi tako postavljeno diodo električni tok ne more teči.



Slika 14

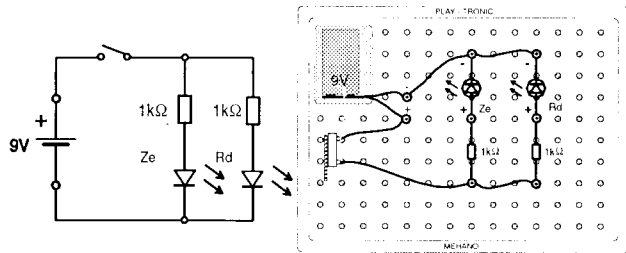
Slika 15

15. VEZJE Z ŽARNICO IN SVETLEČO DIODO (3)

Sedaj sta navadna in svetleča dioda obrnjeni v nasprotni smeri. Zamenjajte med seboj priključni žici baterije. Svetila bo žarnica, svetleča dioda pa ne. Svetleča dioda je v vezju obrnjena tako, da skozi njo ne more teči tok in zato ne sveti. Od tega, kako je priključena baterija, je odvisno, ali bo svetiła svetleča dioda ali žarnica.

16. VZPOREDNA VEZAVA

V vezju sta sedaj dve veji: ena z rdečo, druga z zeleno svetlečo diodo. Pazite na polariteto svetlečih diod!



Slika 16

Če je vezje pravilno sestavljeno, bosta obe diodi svetili približno enako močno. Tok teče s pozitivnega pola baterije, nato se loči na dva dela: eden gre skozi zeleno, drugi skozi rdečo svetlečo diodo.

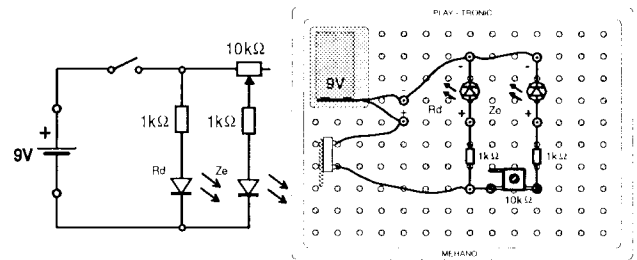
17. SPREMEMBA TOKA V VEJI VZPOREDNEGA VEZJA

V vezje vstavite še eno vzmetno sponko. Prekinite eno vejo vezja tako, da med upor $1\text{ k}\Omega$ in rdečo svetlečo diodo vstavite poten-

ciometer $10\text{ k}\Omega$. Priključite vezje na baterijo. Ko zasučete upor, se svetilnost rdeče diode spremeni, svetilnost zelene svetleče diode pa ne.

Električni tok teče s pozitivnega priključka na bateriji skozi vodnik, nato pride do mesta, kjer se loči na dva dela: en del teče skozi upor in zeleno svetlečo diodo, drugi pa skozi upor, potenciometer in rdečo svetlečo diodo. Upornost veje, v kateri je potenciometer, je vsekakor večja. Zato skozi njo teče manjši tok, in zelena svetleča dioda sveti šibkeje.

Označimo tok, ki teče iz baterije, z I . Naj bo tok, ki teče skozi upor in zeleno svetlečo diodo I_z , celotna upornost te veje pa R_z . Naj bo tok, ki teče skozi upor, potenciometer in rdečo svetlečo diodo I_r , celotna upornost te veje pa R_r .



Slika 17

Potem velja

$$I = I_z + I_r$$

Z drugimi besedami povedano, tok, ki teče iz enega vodnika v več vzporedno vezanih vej, je enak vsoti vseh tokov v posameznih vejah. To je Kirchoffov zakon za tokove oz. prvi Kirchoffov zakon. Za celotno vezje velja

$$I=U/R$$

kjer je R upornost celotnega vezja.
Tok skozi zeleno diodo je

$$I_z=U/R_z$$

kjer je R_z upornost celotne veje z zeleno diodo. Tok skozi rdečo svetlečo diodo pa

$$I_r=U/R_r$$

kjer je R_r upornost celotne veje, v kateri je rdeča svetleča dioda. Tako lahko sedaj po prvem Kirchoffovem zakonu zapišemo

$$I=I_z+I_r$$

oziroma

$$U/R=U/R_z+U/R_r$$

Napetost baterije je enaka napetosti na obeh vejah. Ko enačbo delimo z U , bo enačba še vedno veljavna, dobila pa bo novo obliko:

$$1/R=1/R_z+1/R_r$$

izraženo z besedami: recipročna vrednost celotne upornosti v vezju je enaka vsoti recipročnih vrednosti upornosti posameznih vzporedno vezanih vej.

Če desno stran enačbe spravimo na skupni imenovalce in enačbo obnememo, dobimo isti izraz zapisan nekoliko drugače:

$$R=R_z \times R_r / (R_z + R_r)$$

Če bi prvi Kirchoffov zakon hoteli ponazoriti z vodnimi tokovi, bi si

to zamislili tako, kot da bi iz zgornje posode z vodo speljali cev, ki bi se nato ločila v dve cevi. Skoznju bi nato tekla voda v spodnjo posodo. Vodni tok, ki teče skozi eno cev, se loči na vodna tokova skozi vzporedno priključeni cevi.

Ker se voda nima kam zgubiti, je vsekakor količina vode (oz. tok), ki teče skozi zgorjnjo cev, enaka vsoti tokov skozi vzporedno vezani cevki.

Včasih se zgodi, da nimamo upora z zahtevano upornostjo, imamo pa upore, ki imajo večjo upornost. Če imamo dva upora, katerih vsota recipročnih upornosti ustreza iskani, ju lahko vežemo vzporedno in tako priključimo v vezje. Nadomestno upornost lahko sestavimo iz poljubnega števila vzporedno vezanih uporov. Pri tem seveda velja, da je recipročna vrednost celotne upornosti enaka vsoti recipročnih upornosti vseh uporov v verigi:

$$1/R=1/R_1+1/R_2+1/R_3...$$

R je nadomestna upornost vseh vzporedno vezanih uporov skupaj. R_1 , R_2 , $R_3...$ so upornosti posameznih vzporedno vezanih uporov. Upornost vseh vzporedno vezanih uporov skupaj je vedno manjša od upornosti upora, ki ima najmanjšo upornost.

18. ŠE EN PRIMER VZPOREDNE VEZAVE

Enačba, s katero izračunamo skupno upornost dveh vzporedno vezanih uporov pove, da je skupna upornost dveh vzporedno vezanih uporov manjša od najmanjšega izmed njih.

To bomo lepo videli na spodnjem primeru. En konec upora 33Ω ni nikamor priključen. Upora 56Ω in 100Ω sta priključena vzporedno. Izračunajmo njuno skupno upornost.

$$1/R=1/56+1/100$$

$$1/R=0,0178+0,01$$

$$1/R=0,0278$$

Če enačbo množimo z R, dobimo

$$I = 0,0278 \times R$$

Delimo še enačbo z 0,0278 in dobimo

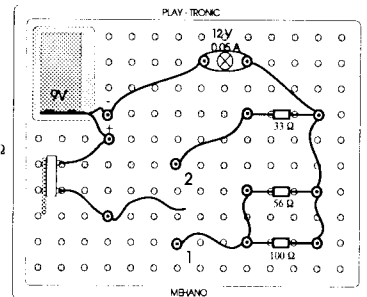
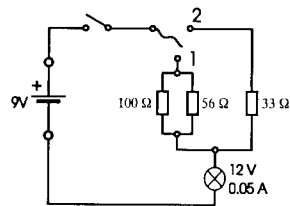
$$I / 0,0278 = R$$

oziroma približno

$$R = 36 \Omega$$

Opazujte, kako močno sveti žarnica. Odstranite žičko iz vzmetne sponke 1 in jo priključite na vzmetno sponko 2. Tok sedaj teče skozi upor 33Ω in žarnico. Ker imata upor 33Ω in vzporedna vezava uporov 56Ω in 100Ω približno enako vrednost, sveti žarnica v obeh primerih enako.

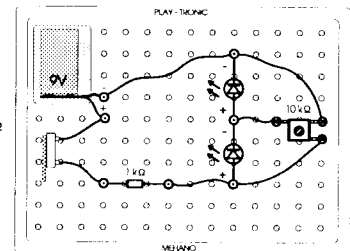
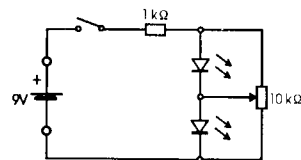
Kar smo sedaj ugotovili, bomo morda kasneje koristno uporabili. Če kakšnega upora nimamo, lahko upor z zeleno upornostjo nadomestimo z dvema uporoma (ali več), ki sta vzporedno ali zaporedno vezana.



Slika 18

19. ISTOČASNO SPREMINJANJE SVETLOSTI DVEH SVETLEČIH DIOD

Sestavite vezje kot je prikazano na sliki 19. Kaj se dogaja, ko sučete potenciometer? Na tistem delu potenciometra, na katerem je drsnik bližje priključku, je upor manjši, zato je tudi napetost manjša. Zaradi tega na ta del vzporedno priključena svetleča dioda sveti šibkeje.

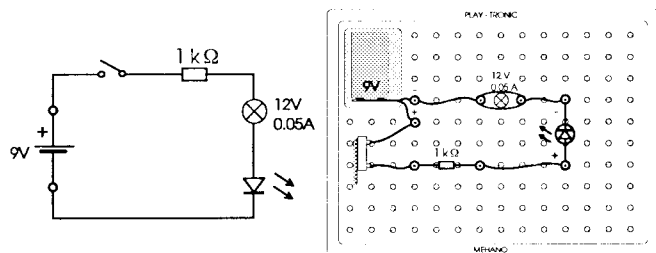


Slika 19

20. VEZJE Z ZAPOREDNO VEZANO ŽARNICO IN SVETLEČO DIODO

Spoznali smo se še s svetlečo diodo. Kot že samo ime pove, je njena poglavitna značilnost, da oddaja svetlobo takrat, ko skozi njo v pravi smeri teče električni tok. Točno zaradi tega jih tudi uporabljamo: ko skozi diodo steče tok v pravi smeri, zasveti.

Tok, ki je potreben, da bi dioda zasvetila, je zelo majhen, nekaj mil



Slika 20

iamperov. Ta tok je mnogo manjši od tistega, ki je potreben, da bi zasvetila žarnica. Zato žarnica sveti močneje. Če bi skozi svetlečo diodo stekel tako velik tok, kot teče skozi žarnico, bi svetleča dioda pregorela. Zato boste v vseh naših vezjih videli, da je zaporedno s svetlečo diodo vedno vezan upor, da omeji tok, ki steče skozi njo.

Vežje, prikazano na sliki 20 bo pokazalo, da je tok, potreben, da zasveti svetleča dioda, premajhen, da bi zasvetila žarnica.

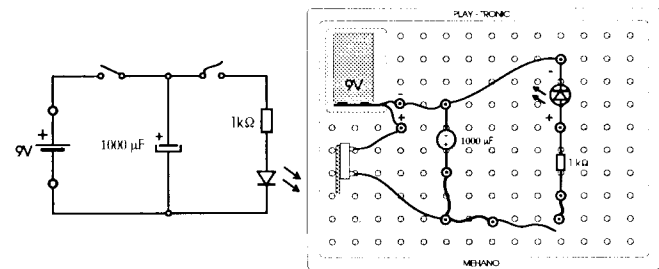
Svetleče diode ne smete priključiti na baterijo same (brez zaporedno vezanega upora 1kΩ)! Če to naredite, bo svetleča dioda takoj pregorela!

21. KONDENZATOR KOT VIR ELEKTRIČNE ENERGIJE

Naredite vežje tako, kot je prikazano na spodnji sliki. Naj bo pozitivni baterijski priključek v zraku. Pritisnite tipko! Ali bo svetleča dioda zasvetila? Seveda ne, saj ni nikjer električne energije. Sprostite tipko.

Sedaj pa se s priključno žico pozitivnega baterijskega priključka dotaknite pozitivnega priključka na elektrolitskem kondenzatorju.

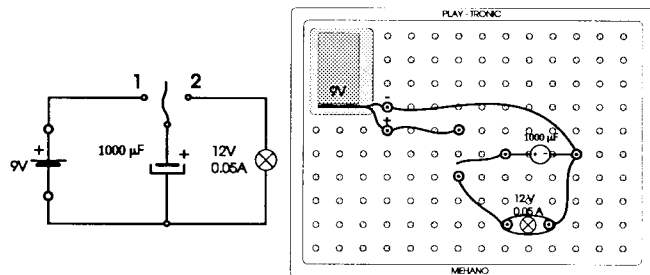
V elektrolitskem kondenzatorju ni bilo električne energije oz. je bil prazen. Ko smo nanj priključili baterijo, je tok sunkovito stekel iz baterije v kondenzator. Kondenzator je sedaj napolnjen in ga lahko uporabimo kot vir električne energije.



Slika 21

Naj bo priključna žica, ki prihaja s pozitivnega baterijskega priključka zopet v zraku. Pritisnite tipko. Čeprav baterija ni priključena, svetleča dioda sveti! Ker je energije, ki je shranjena v kondenzatorju, zelo malo, bo svetleča dioda kmalu nehala svetiti. Če opazujete svetlečo diodo, je lepo vidno, kako le-ta sveti vse manj in manj, dokler ne ugasne. Električni tok teče iz kondenzatorja v diodo. Pravimo, da se elektrolitski kondenzator prazni.

22. KAKO HITRO SE PRAZNI KONDENZATOR?



Slika 22

Namesto svetleče diode in zaporedno vezanega upora vstavite v vezje žarnico. V tem primeru bo žarnica svetila le trenutek. Ugotovili smo še, da potrebuje žarnica za svoje delovanje več toka kot svetleča dioda. To pomeni, da ima žarnica manjši upor. Če iz kondenzatorja teče več toka, bo prej prazen, zato sveti žarnica manj časa kot svetleča dioda.

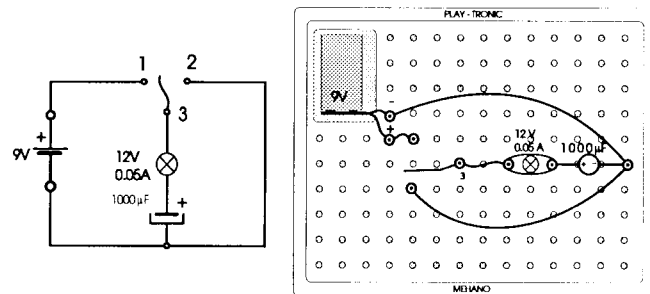
23. KONDENZATOR LAHKO MNOGOKRAT POLNIMO IN PRAZNIMO

Vežje nekoliko spremenite. Žička na sponki, na katero je pritrjena sponka žarnice, naj ima drugi konec v zraku.

S tem koncem žice se enkrat dotaknite vzmetne sponke 1, nato pa vzmetne sponke 2. Opazujte, kaj se dogaja!

Ko se z žičko dotaknete sponke 1, se kondenzator napolni. Tok, ki iz baterije steče v elektrolitski kondenzator, steče tudi skozi žarnico. Ko je kondenzator prazen, je tok velik in zato žarnica zasveti. Ko bo

kondenzator poln, tok ne bo tekel in žarnica ne bo svetila. Ko se z žičko dotaknete sponke 2, električni tok steče s pozitivnega priključka kondenzatorja skozi žarnico na negativnega. Na začetku je kondenzator poln in tok je zato velik. Ko se bo kondenzator praznil, bo tok vse manjši in manjši in žarnica bo svetila šibkeje in šibkeje, dokler se ne bo ugasnila.



Slika 23

24. SKOZI KONDENZATOR LAHKO TEČE IZMENIČNI TOK

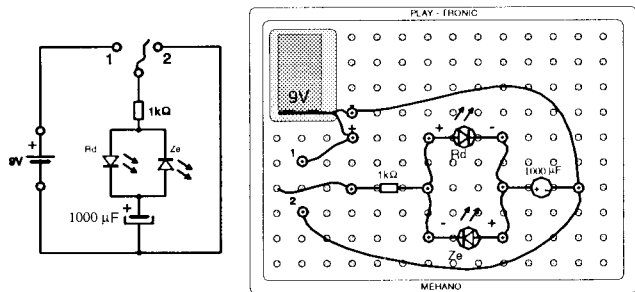
Ko kondenzator polnimo z električnim tokom, teče tok v kondenzator, ko pa ga praznimo, teče iz njega. To pomeni, da pri polnjenju in praznjenju kondenzatorja teče tok v različnih smereh. O tem se lahko prepričamo, če naredimo vežje z dvema, nasprotno obrnjenima in vzporedno vezanima svetlečima diodama.

Žička, priključena na sponko 3, naj ima drugi konec v zraku. Z drugim koncem te žičke se enkrat dotaknete sponke 1, nato pa sponke 2. Ponovite to večkrat in opazujte, kaj se dogaja.

Kot že veste, teče skozi svetlečo diodo električni tok le v eni smeri.

Tako bo pri polnjenju elektrolitskega kondenzatorja z električnim tokom stekel tok skozi rdečo, pri praznjenju pa skozi zeleno diodo. Zato bo pri polnjenju kondenzatorja svetila rdeča, pri praznjenju pa zelena svetleča dioda.

Ugotovili smo še, da v napolnjeni kondenzator ne teče več električni tok. Zato lahko rečemo, da je kondenzator zapora za enosmerni električni tok.



Slika 24

Pri polnjenju in praznjenju kondenzatorja tok teče enkrat v kondenzator, nato pa iz kondenzatorja. Če skozi kakšen element teče tok enkrat v eni, nato pa v nasprotni smeri, pravimo, da skozi njega teče izmenični tok. Ta poskus je pokazal, da lahko skozi kondenzator teče izmenični tok.

Namesto kondenzatorja 1000µF vstavite v vezje kondenzator 100mF. Svetleča dioda bo sedaj svetila mnogo manj časa. V kondenzator, ki ima manjšo kapacitivnost, steče lahko manj elektrine in zato bo svetleča dioda svetila manj časa.

25. VZPOREDNA VEZAVA KONDENZATORJEV

V tem vezju sta dva vzporedno vezana kondenzatorja, ki imata kapacitivnost po 100µF. Kako se obnašata dva vzporedno priključena kondenzatorja?

Spomnimo se, v kakšnem razmerju sta elektrina, ki je v kondenzatorju, in napetost na sponkah kondenzatorja:

$$C=Q/U$$

V nabitem kondenzatorju, ki ima kapacitivnost C in na sponkah napetost U je tako elektrina

$$Q=CxU$$

Če imamo dva vzporedno vezana kondenzatorja, bo elektrina, ki je po skupni žici priitekla do njiju, razdeljena v oba:

$$Q=Q1+Q2$$

kjer sta Q1 in Q2 elektrini v prvem in drugem kondenzatorju. Če sta kapacitivnosti kondenzatorjev C1 in C2, skupna kapacitivnost obeh kondenzatorjev pa C, lahko zgornjo enačbo napišemo takole:

$$CxU=C1xU1+C2xU2$$

Napetost na sponkah obeh kondenzatorjev je enaka, $U1=U2=U$. Zato lahko zgornjo enačbo napišemo tako:

$$CxU=C1xU+C2xU$$

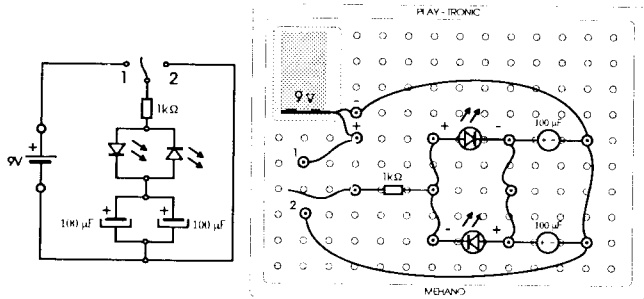
Če levo in desno stran enačbe delimo z U, dobimo izraz za skupno kapacitivnost dveh vzporedno vezanih kondenzatorjev.

$$C=C_1+C_2$$

V našem primeru je skupna kapacitivnost kondenzatorjev 200mF. To se kaže tudi tako, da svetleča dioda sveti dalj časa kot takrat, ko je bil v vezju samo en kondenzator s kapacitivnostjo 100μF.

Tako kot lahko iskano upornost zamenjamo z dvema ali več zaporedno vezanimi upori, lahko tudi iskano kapacitivnost nadomestimo s kapacitivnostjo dveh ali več vzporedno vezanih kondenzatorjev.

$$C=C_1+C_2+C_3...$$



Slika 25

C je nadomestna kapacitivnost vseh vzporedno vezanih kondenzatorjev skupaj. C1, C2, C3... so upornosti posameznih vzporedno vezanih kondenzatorjev.

Kapacitivnost vseh vzporedno vezanih kondenzatorjev skupaj je vedno večja od kapacitivnosti kondenzatorja z najmanjšo kapacitivnostjo.

26. ZAPOREDNA VEZAVA KONDENZATORJEV

Spremenimo zgornje vezje tako, da sta kondenzatorja vezana zaporedno. Če poskusite žičko prvič pritakniti na sponko 1, drugič pa na sponko 2, boste videli, da svetleča dioda sveti mnogo manj časa kot v prejšnjem primeru. To pomeni, da je nadomestna kapacitivnost zaporedno vezanih kondenzatorjev mnogo manjša kot pri vzporedno vezanih kondenzatorjih.

Ko v kondenzatorje steče električni tok, se kondenzatorja polnita. Napetost na zunanjih priključkih obeh kondenzatorjev se bo razporedila na oba kondenzatorja:

$$U=U_1+U_2$$

Če je nadomestna kapacitivnost dveh zaporedno vezanih kondenzatorjev

$$C=Q/U$$

in napetost na sponkah tega kondenzatorja

$$U=Q/C$$

potem lahko zgornjo enačbo napišemo takole:

$$Q/C=Q_1/C_1+Q_2/C_2$$

kjer sta Q1 in Q2 elektrini v prvem oz. drugem kondenzatorju, C1 in C2 pa kapacitivnost prvega in drugega kondenzatorja.

Elektrina, ki je stekla v prvi kondenzator, je enaka tisti, ki je pritekla iz drugega. To je razumljivo, saj na stično točko med obema kondenzatorjema ni priključena nobena žica, po kateri bi lahko tok pritekla ali odtekal. Zato velja

$$Q=Q_1=Q_2$$

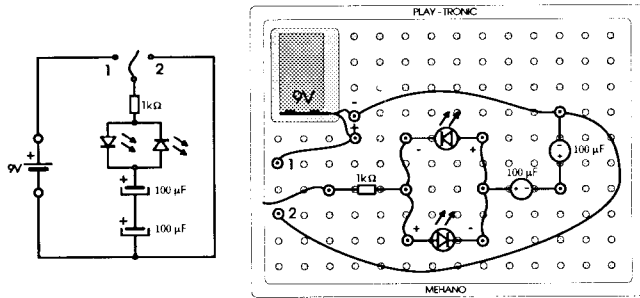
Če zgornjo enačbo delimo na levi in desni strani s Q , dobimo izraz

$$1/C=1/C_1+1/C_2$$

ki pove, da je recipročna vrednost nadomestne kapacitivnosti zaporedno vezanih kondenzatorjev enaka vsoti recipročnih vrednosti kapacitivnosti zaporedno vezanih kondenzatorjev.

Tako kot smo naredili pri vzporedni vezavi uporov, lahko tudi tukaj zgornjo enačbo napišemo na drugačen način. Desno stran enačbe spravimo na skupni imenovalc in nato enačbo obrnemo. Dobimo izraz

$$C=C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$$



Slika 26

V našem primeru smo imeli zaporedno vezana dva kondenzatorja s po $100\mu\text{F}$. Njena skupna kapacitivnost je $50\mu\text{F}$.

Tako kot lahko iskano upornost zamenjamo z dvema ali več vzporedno vezanimi upori, tako lahko tudi iskano kapacitivnost nadomestimo s kapacitivnostjo dveh ali več zaporedno vezanih kondenzatorjev.

$$1/C=1/C_1+1/C_2+1/C_3\dots$$

C je nadomestna kapacitivnost vseh zaporedno vezanih kondenzatorjev skupaj. $C_1, C_2, C_3\dots$ so kapacitivnosti posameznih zaporedno vezanih kondenzatorjev.

Kapacitivnost vseh zaporedno vezanih kondenzatorjev skupaj je vedno manjša od kapacitivnosti kondenzatorja, z najmanjšo kapacitivnostjo.

27. ELEKTROMAGNET

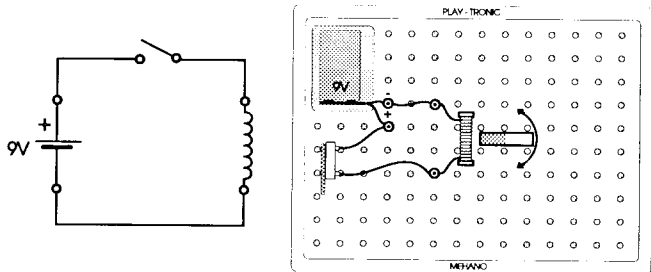
Ko skozi navitje žice spustimo električni tok, se bo to obnašalo kot magnet. To lahko ponazorimo na zelo preprost način.

Naredimo enostaven tokokrog, v katerem so zaporedno vezani baterija, stikalo in tuljava. Ko vključite stikalo, bo skozi tuljavo stekel tok. Navidezno se ni zgodilo nič. Izključite stikalo.

V odprtino tuljave vstavite jekleni žbljček tako, da je deloma izven tuljavnika. Pritisnite tipko. Žbljček bo sunkovito potegnilo v notranjost tuljavnika in bo tam obstal.

Naredite še en poskus. Na sukaneč privežite magnet in ga držite tako, da visi nad tuljavo. Pritisnite tipko! Magnet se bo zasukal in postavil tako, da bo ležal vzdolž osi tuljave, skozi katero teče tok. Zapomnite si, kako je magnet stal trenutek prej. Sedaj med seboj zamenjajte priključni žici tuljave. Spet pritisnite tipko. Tuljava se bo tudi sedaj obnašala kot magnet, le da se bo magnet, ki visi na sukancu, zasukal v nasprotno smer. Če zamenjamo smer električnega toka skozi tuljavo, se tuljava obnaša kot magnet, ki smo ga obrnili.

Enako bi se žbljček in magnet obnašala, če bi ju postavili v bližino magnetu. Naš poskus kaže, da se tuljava, skozi katero teče električni tok, obnaša kot magnet. Takšen magnet, ki je narejen iz tuljave, skozi katero teče električni tok, imenujemo elektromagnet.



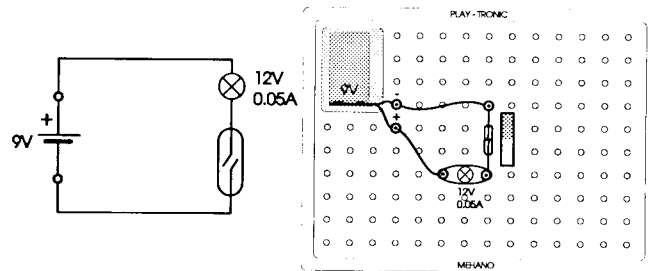
Slika 27

28. HERMETIČNI KONTAKTNIK

Na papir postavite dve vzmetni sponki, tako da sta le malenkost narazen. Dvignite papir v zrak in z roko postavite magnet pravokotno na papir. Vzmetni sponki se bosta namagnetili in se vsaka zase obnašali kot majhen magnet. Magneti se med seboj privlačijo ali odbijajo. Vzmetni sponki se bosta postavili tako, da se bosta privlačili.

Predstavljajte si, da na vsako izmed vzmetnih sponk pritrdimo električno žico ter, da skupaj staknjeni sponki skleneta električni tokokrog. V našem primeru bo tokokrog sklenjen takrat, ko sponkama, ki sta sicer rahlo narazen, pod papir, na katerem ležita, približamo magnet.

Na podoben način je narejen hermetični kontaktnik. Strokovnjaki ga imenujejo tudi Reedov kontaktnik. V stekleni cevki sta zataljeni dve tanki elastični kovinski ploščici, tako da sta rahlo razmaknjeni. Ko ploščici namagnetimo, druga drugo pritegneta, in tako nastane med njima električni stik. Ko ploščici nista namagneteni, zaradi elastičnosti skočita narazen.



Slika 28

Kako lahko namagnetimo ploščici? Če to naredimo z magnetom, dobimo stikalo, ki ga lahko vključimo ali izključimo, tako da mu približamo ali oddaljimo magnet. Takšen primer je prikazan na sliki 28. Ko magnet približamo hermetičnemu kontaktniku, se bosta jezička namagnetila in skozi žarnico bo stekel električni tok. Žarnica bo svetila.

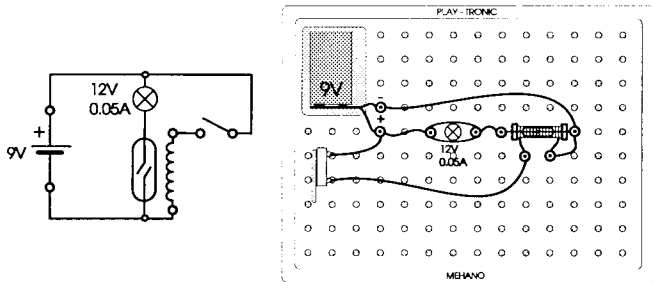
29. RELE

Pred konec elektromagneta lahko postavimo košček železa, ki bo takrat, ko ga elektromagnet potegne k sebi, vključil električno stikalo. Takšno elektromagnetno stikalo imenujemo rele.

Za magnetenje kontaktov hermetičnega kontaktnika lahko uporabimo tudi elektromagnet. Tudi to bo rele.

Iz tuljave in hermetičnega kontaktnika lahko sami naredite rele. Zaradi imena kontaktnika takšen rele strokovnjaki pogosto imenujejo rele reed.

V tuljavnik vstavite hermetični kontaktnik. Kontaktnik naj bo stikalo, ki vključuje žarnico. Tok skozi tuljavo lahko vključite s tipko. Ko je tipka pritisnjena, bosta zaradi delovanja elektromagneta železna jezička v reedovem kontaktniku pritegnila drug drugega.



Slika 29

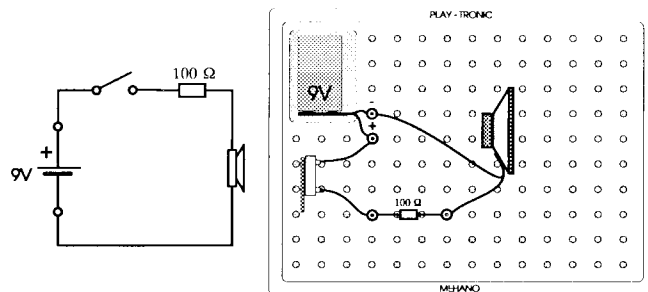
Zaradi tega bo med njima električni stik in tako bo sklenjen še tokokrog skozi žarnico. Žarnica bo svetila.

30. ZVOČNIK

Kako se zvok širi skozi zrak? Zvočno valovanje se skozi zrak širi v obliki zgoščin in razredčin v zraku, ki si sledijo v smeri razširjanja zvoka. Kako lahko sami sprožimo zvočni val? V ta namen moramo imeti nekaj, kar bo zanihalo naprej-nazaj in tako ustvarilo zgoščine in razredčine v zraku. Če potrkate po okenskem steklu, ste ga s trkanjem zanihali. Zaradi nihanja stekla se bodo ob steklu ustvarjale zgoščine in razredčine, ki se bodo širile v prostor. Ker se to dogaja na obeh straneh okenskega stekla, se trkanje po steklu sliši z obeh strani okna.

V elektrotehniki uporabljamo za ustvarjanje zvočnih valov zvočnike. Kaj pa je pravzaprav zvočnik?

Spomnite se poskusa s tuljavo in magnetom. Ugotovili smo, da se tuljava, skozi katero teče električni tok, obnaša kot magnet. Pri zvočniku je na ohišju magnet. V reži magnetja je postavljena tuljavica, ki je pritrjena na papirnato membrano.



Slika 30

Ko skozi to tuljavico teče električni tok, tuljavico zaradi tega potegne v režo magnetja ali odbije iz nje. S tem se tudi membrana zvočnika premika naprej-nazaj. Če se to dogaja zaporedoma in zadosti hitro, slišimo zvok.

V tem vezju je zaporedno z zvočnikom priključen upor 100Ω . Če tega ne bi bilo, bi nežna tuljavica v zvočniku lahko pregorela. Pritisnite tipko. Slišali boste rahel pok. Ponovite to večkrat in medtem opazujte membrano. Opazili boste, da se membrana premika ven-noter. Predstavljajte si, da se, ko pritisnete tipko, membrana premakne v notranjost zvočnika. Zamenjajte med seboj priključni sponki zvočnika. Sedaj bo ob pritisku na tipko membrana potisnjena iz zvočnika. Bodite pozorni, ker so ti premiki zelo majhni, le nekaj delčkov milimetra.

Zakaj membrana včasih skoči navznoter, včasih navzven? Ugotovili smo, da se tuljava, skozi katero teče električni tok, obnaša kot magnet. Vemo, da ima magnet izrazita pola. Vemo tudi, da se enaka pola med seboj odbijata, različna pa privlačita. Če zamenjamo smer toka skozi tuljavo, se bo zamenjala tudi polariteta magnetja. Zato enkrat membrana skoči v notranjost zvočnika (takrat, ko se tuljavica in magnet privlačita), drugič pa navzven (takrat, ko se tuljavica in magnet odbijata).

Torej, če želimo iz zvočnika slišati zvok, mora skozi njegovo tuljavico teči tok spremenljive velikosti. V tem primeru se bo membrana premikala naprej-nazaj in slišali bomo zvok.

31. SPOZNAJMO TRANZISTOR

Ali ste prebrali opis delovanja tranzistorja? Če ste, potem z razumevanjem spodnjega vezja ne bo težav.

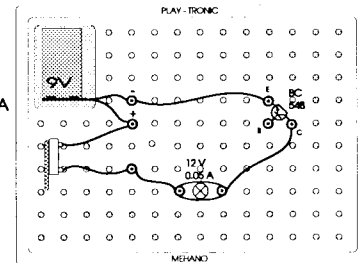
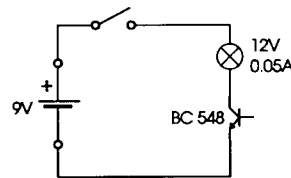
V vezju sta zaporedno povezana žarnica in tranzistor. Pazite na to, kako so na tranzistorju razporejeni priključni kontakti! Pri priključevanju tranzistorja v vezje ne smete zamenjati posameznih priključkov med seboj! Če to naredite, vezje ne bo delovalo, v najslabšem primeru pa bo tranzistor uničen.

V vašem kompletu je tranzistor BC548. Če ga primete tako, da so priključne žičke obrnjene navzdol, ravna ploskev plastičnega ohišja, na kateri je napisana označba tranzistorja, pa proti vam, potem je levi priključek kolektor, srednji baza, desni pa emitor.

Vsi tranzistorji nimajo enake razporeditve priključnih kontaktov. Takšna razporeditev kontaktov, kot je v našem primeru, je zelo pogosta, ni pa vedno takšna. Razporeditev priključnih kontaktov je odvisna od proizvajalca in tipa tranzistorja. Če imate tranzistor, katerega razporeditve priključnih kontaktov ne poznate, poiščite vedno njegov opis v priročniku.

Če tega opisa ne najdete, poskušajte sami ugotoviti razporeditev priključnih kontaktov. Kako boste to naredili, je opisano nekoliko pozneje v tej knjigi.

Vrnimo se k našemu vezju. Ali bo žarnica svetila? Seveda ne. Bazni priključek tranzistorja ni nikamor priključen, zato v bazo ne teče tok. Tranzistor bo zaprt. Lahko rečemo, da je pri zaprtju tranzistorju upornost med emitorjem in kolektorjem zelo velika.

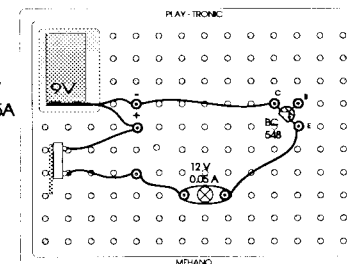
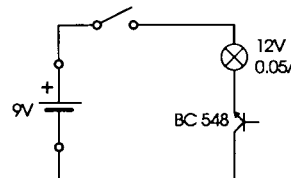


Slika 31

32. KAJ SE ZGODI, ČE TRANZISTOR OBRNEMO NAROBE?

Zgornje vezje spremenite, in sicer tranzistor priključite tako, da imata emitor in kolektor med seboj zamenjani mesti.

Če pozorno pogledate, boste videli, da žarilna nitka v žarnici rahlo žari. Ker tranzistor nima emitorja priključenega na negativno, kolektorja pa na pozitivno napetost, se ne obnaša tako, kot bi se moral.



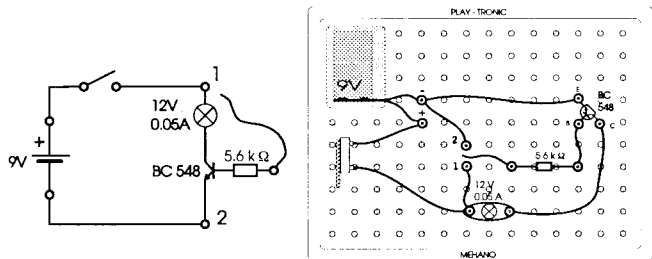
Slika 32

33. TRANZISTOR KOT STIKALO

Na označeno mesto na uporu priključite žičko, katere drugi konec naj bo kar v zraku. Žarnica ne bo svetila. Zakaj?

V bazo tranzistorja ne teče tok, zato je tranzistor zaprt! Kaj je treba narediti, da bi skozi tranzistor tekel tok? Vežje mora biti takšno, da v bazo teče majhen tok. Zato prosti konec žice priključite na sponko, na katero je priključen pozitiven pol baterije. Tok bo stekel skozi upor v bazo in tranzistor bo odprt, žarnica bo zasvetila. V tem vežju smo tranzistor uporabili kot stikalo. Stikalo krmilimo s tokom v bazo: ko tok teče v bazo, je tranzistor odprt in skozenj teče električni tok, žarnica sveti. Ko v bazo tranzistorja ne teče električni tok, je tranzistor zaprt, skozenj ne teče električni tok in žarnica ne sveti. Skratka, tranzistorsko stikalo krmilimo s tokom, ki teče v bazo. Ta tok je mnogo manjši od toka, ki teče skozi tranzistor, zato je takšno stikalo zelo učinkovito.

Kaj se bo zgodilo, če žičko namesto na pozitiven priključimo na negativen baterijskega priključek? Premislite in nato poskusite! Seveda, žarnica ne bo svetila, ker skozi bazo ne teče tok, zato je tranzistor zaprt.



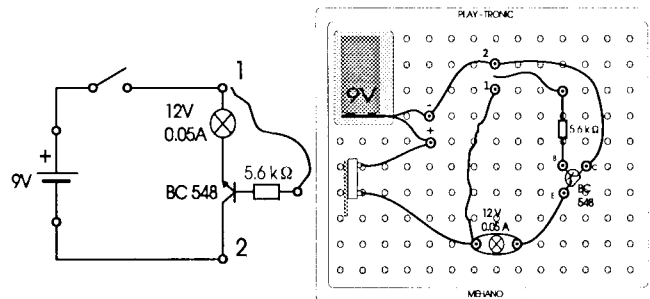
Slika 33

Odprt tranzistor predstavlja zelo zelo majhno upornost. Takrat bo med kolektorsko in emitorsko sponko zelo nizka napetost, kvečjemu kakšno desetinko volta. Zato odprti tranzistor nikoli ne sme biti priključen naravnost med pozitivni in negativni baterijski priključek, ker bo skozenj stekel velik tok, ki ga lahko poškoduje.

34. NAROBE OBRNJENI TRANZISTOR

Sedaj priključite tranzistor tako, da je priključen narobe. Zamenjajte emitorski in kolektorski priključek med seboj.

Ko je prosti konec žice v zraku, žarnica rahlo žari. Ko pa se s prostim koncem žice dotaknete pozitivnega baterijskega priključka, bo nitka v žarnici zažarela nekoliko bolj, vendar žarnica še vedno ne bo svetila s polno močjo. Tako priključen tranzistor ne deluje pravilno! Torej, če želimo uporabiti lastnosti tranzistorja BC548, mora biti kolektor vedno priključen na pozitivno, emitor pa na negativno napetost. Da bi bil tranzistor odprt, mora v bazo teči majhen tok.



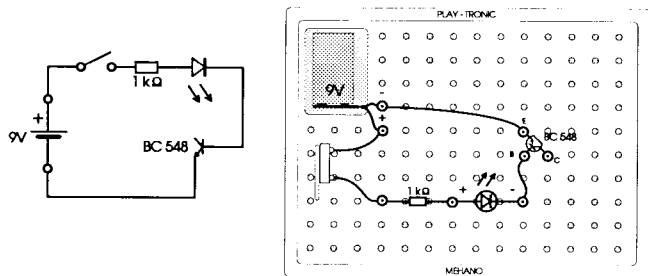
Slika 34

Tranzistorji, ki imajo emitor priključen na negativno, kolektor pa na pozitivno napetost, so t.im. tranzistorji NPN. Takšen je tudi tranzistor BC548. Obstajajo tudi tranzistorji, ki morajo biti v vezje priključeni tako, da je emitor priključen na pozitivno, kolektor pa na negativno napetost. To so t.im. tranzistorji PNP. V tem kompletu ni takih tranzistorjev.

35. KAKO SE OBNAŠA TRANZISTOR, ČE OPAZUJEMO SAMO BAZO IN EMITOR?

Da bi svetila, potrebuje žarnica električni tok, ki je mnogo večji od toka, potrebnega, da bi svetila svetleča dioda. Če iz baterije teče večji tok, bo zato le-ta prej prazna. Zato lahko za opazovanje delovanja tranzistorja uporabimo svetlečo diodo. Tudi v vseh poskusih, pri katerih uporabljamo žarnico, lahko uporabimo svetlečo diodo. Pri tem pa seveda ne smete pozabiti na dejstvo, da narobe obrnjena svetleča dioda ne bo svetila! Seveda, zaporedno s svetlečo diodo je vezan še upor $1k\Omega$, ki zagotavlja, da skozi diodo ne steče prevelik tok.

Omenili smo še, da je tranzistor BC548, kakršen je v kompletu, tipa NPN.



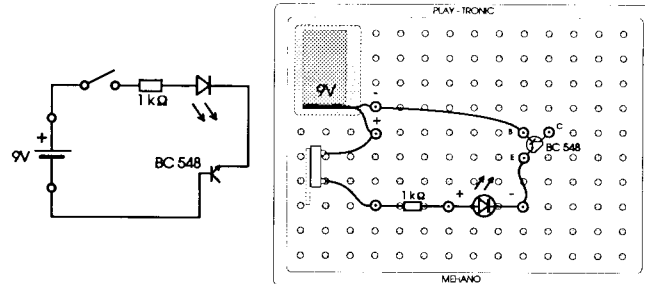
Slika 35

To pomeni, da mora biti za normalno delovanje emitor priključen na negativni pol. Če želimo, da v bazo (in od tod v emitor) teče električni tok, mora biti baza priključena na napetost, ki je pozitivna z ozirom na emitor. Priključite tranzistor tako, kot je to prikazano na spodnji shemi.

Svetleča dioda bo svetila. To pomeni, da lahko teče električni tok z baze proti emitorju.

36. PRI TRANZISTORJU SE SMER BAZA-EMITOR OBNAŠA KOT DIODA

Sedaj zamenjajte med seboj bazni in emitorski priključek tranzistorja. Svetleča dioda ne bo svetila. To pomeni, da skozi ta tranzistor tok ne more teči v smeri od emitorja proti bazi. Z drugimi besedami povedano, pri tranzistorju se smer baza-emitor obnaša kot dioda. Pri tranzistorjih NPN je ta dioda obrnjena od baze proti emitorju.



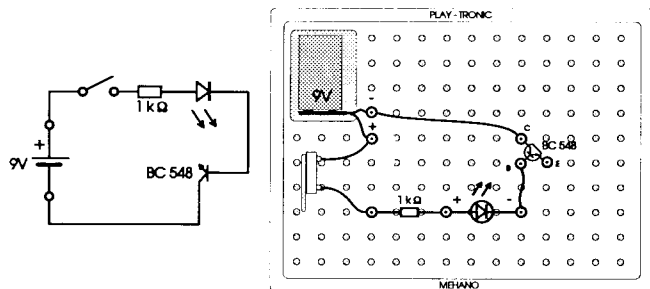
Slika 36

37. KAKO SE OBNAŠA TRANZISTOR, ČE OPAZUJEMO SAMO BAZO IN KOLEKTOR?

Priključimo sedaj tranzistor tako, da je kolektor tranzistorja priključen na negativni baterijski priključek, baza pa preko svetleče diode, upora in stikala na pozitivni baterijski priključek. Emitor naj bo v zraku oz. ni nikamor priključen.

Ko pritisnete tipko, bo svetleča dioda zasvetila.

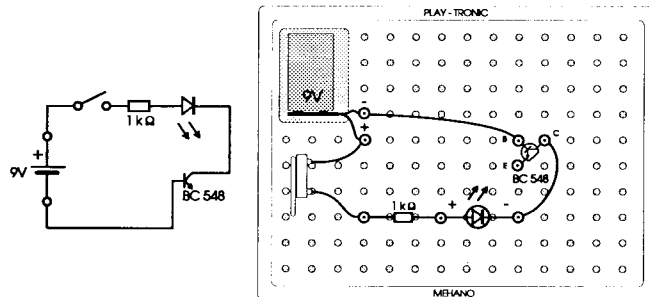
To pomeni, da pri našem tranzistorju lahko teče tok v smeri od baze proti kolektorju.



Slika 37

38. PRI TRANZISTORJU SE SMER BAZA-KOLEKTOR OBNAŠA KOT DIODA

Sedaj zamenjajte med seboj bazni in kolektorski priključek tranzistorja. Svetleča dioda ne sveti. To pomeni, da skozi ta tranzistor tok ne more teči v smeri od kolektorja proti bazi. Z drugimi besedami povedano, pri tranzistorju se smer baza-kolektor obnaša kot dioda. Pri tranzistorjih NPN je ta dioda obrnjena od baze proti kolektorju.



Slika 38

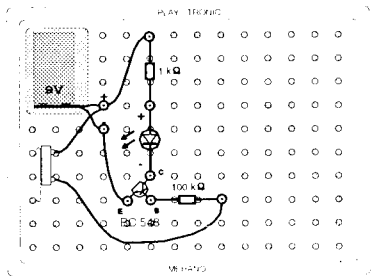
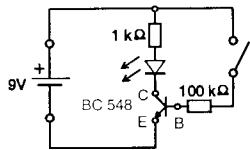
39. VEZJE ZA PREIZKUŠANJE TRANZISTORJEV

Iz vsega, kar smo se do sedaj naučili, lahko sklepamo, kako se mora dober tranzistor obnašati. Če slučajno dvomimo o neoporečnosti tranzistorja, enostavno naredimo vezje, v katerem bodo uporabljene lastnosti neoporečnosti tranzistorja. Najenostavnejše je tranzistorjsko stikalo.

V spodaj narisanim vezju je označeno, kako je treba vstaviti tranzistor, ki ga preizkušamo. Ko je baterija priključena, svetleča dioda ne sme svetiti. To je razumljivo, kajti v bazo ne teče tok in zato je tranzistor zaprt. Ko pritisnete tipko, v bazo steče tok in tranzistor je odprt. Zato svetleča dioda sveti.

Pri dobrem tranzistorju je pri sproščeni tipki svetleča dioda ugasnjena, pri pritisnjeni pa prižgana. Če je svetleča dioda vedno prižgana ali ugasnjena, pomeni, da tranzistor ni več dober.

Vezje je zares enostavno in ga zato s pridom uporabljajte kadarkoli posumite, da vezje, ki ste ga naredili, ne deluje zaradi tega, ker je morda tranzistor poškodovan.



Slika 39

40. KAKO UGOTOVITI, KAKŠNA JE RAZPOREDITEV PRIKLUČNIH KONTAKTOV NA TRANZISTORJU

Sedaj ko dobro poznate, kako deluje tranzistor, lahko tudi sami poiščete razporeditev priključnih kontaktov na neznanem tranzistorju.

Za pripomoček boste uporabili baterijo, upor in svetlečo diodo.

- Najprej preverite, če je svetleča dioda pravilno priključena.
- V prvem koraku je treba ugotoviti, kakšen je tip tranzistorja in kje je baza.

Povedali smo že, da se pri tranzistorju poti baza-emitor in baza-kolektor obnašata kot diodi. Pri teh "diodah" sta (v primeru, ko gre za tranzistor NPN) anodi na baznem priključku povezani skupaj. Zato na tranzistorju bazo iščemo tako, da poiščemo priključek, ki je anoda dvema diodama: emitorski in kolektorski.

Torej: priključite eno izmed sponk neznanega tranzistorja na sponko 1. Žico iz sponke 2 najprej pritaknite na eno, nato na drugo prosto sponko tranzistorja. Opazujte, kdaj svetleča dioda zasveti. Nato zamenjajte sponko tranzistorja, ki je priključena na vzmetno sponko 1 in znova poskusite. To ponovite za vse tri položaje tranzistorja.

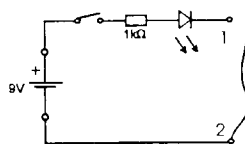
c) Če pri dotiku obeh prostih tranzistorjskih priključkov zasveti svetleča dioda samo v enem položaju tranzistorja pomeni, da ste našli bazo in da je tranzistor tipa NPN. Zapomnite si, pri katerem položaju tranzistorja je to bilo. Sponka tranzistorja, ki je bila v tem primeru priključena na vzmetno sponko 1, je baza.

č) Če svetleča dioda ne zasveti ali pa sveti v vseh primerih, je tranzistor zagotovo pokvarjen.

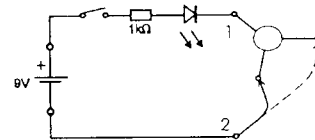
d) Če v nekaterih položajih svetleča dioda zasveti samo pri dotiku enega izmed prostih priključkov tranzistorja, to še ne pomeni, da je tranzistor pokvarjen. Preverite še, če je morda tipa PNP. V tem primeru nadaljujte pri točki 41 -f).

e) Sedaj je treba še določiti, katera izmed preostalih dveh sponk je emitor, katera kolektor. V ta namen uporabite vezje za preizkušanje tranzistorjev. Preizkusite tranzistor tako, da enkrat vzamete eno, drugič pa drugo neznano sponko za kolektor. Baza naj bo seveda priključena tako, kot je to potrebno. Pri pravilni vezavi tranzistor bolje deluje, oz. razlika v svetlosti diode pri pritisnjeni ali sproščeni tipki je zelo izrazita.

Če tranzistor ne deluje kot stikalo, je pokvarjen.



Slika 40 a)



Slika 40 b)

41. TESTNO VEZJE ZA TRANZISTORJE TIPA PNP

f) Preverite, če je tranzistor morda tipa PNP. Pri takšnem tranzistorju so napetosti obratne od tistih pri tipu NPN. To pomeni, da mora

biti emitor priključen na pozitiven, kolektor pa na negativen baterijski priključek. Napajanje baze prav tako prihaja z negativnega baterijskega priključka.

Pri tranzistorju PNP se smeri baza-kolektor in baza-emitor obnašata kot diodi, ki imata na baznem priključku skupaj povezani katodi. Sedaj je eno sponko tranzistorja potrebno priključiti na vzmetno sponko 2, na vzmetno sponko 1 pa priključite žico. Ponavljajte postopek, opisan pod b). Zavedajte se, da iščete sedaj diodi, ki imata skupaj povezani katodi.

Če najdete takšen priključek, pri katerem bo zaradi dotika žičke iz vzmetne sponke 1 na katerokoli prosto sponko svetleča dioda zasvetila, je to baza. Seveda, preverite, če se pri drugih položajih tranzistorja to ne bo ponovilo. Če svetleča dioda sploh ne zasveti ali pa sveti v vseh primerih, je tranzistor zagotovo pokvarjen.

g) Ko ste poiskali bazo tranzistorja PNP, naredite testno vezje, s katerim boste preverili, če tranzistor deluje kot stikalo.

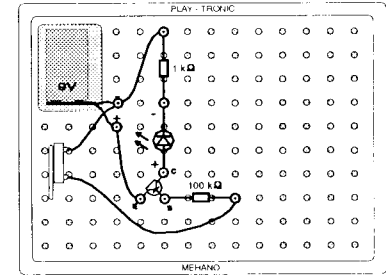
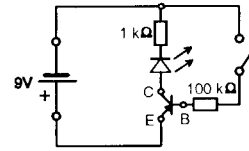
Iz stikalnega načrta je razvidno, da sta baterija in svetleča dioda obrnjeni drugače kot pri testnem vezju za tranzistor NPN.

h) Poiščite emitor in kolektor. Sklepate lahko enako kot pri ugotavljanju razporeditve priključkov pri tranzistorju NPN. Priključite tranzistor in preverite, če deluje kot stikalo.

Obratno priključen tranzistor bo kot stikalo deloval slabše ali sploh ne.

Če pri tranzistorju ne morete najti baze (skupna anoda za emitor in kolektor pri NPN oz. skupna katoda za emitor in kolektor pri PNP), ali pa tranzistor ne deluje kot stikalo, je tranzistor pokvarjen.

Omenili smo še, da v našem kompletu ni tranzistorjev PNP. Ne glede na to, vam bo zgoraj opisani postopek koristil, ko boste v rokah imeli popolnoma neznan tranzistor.

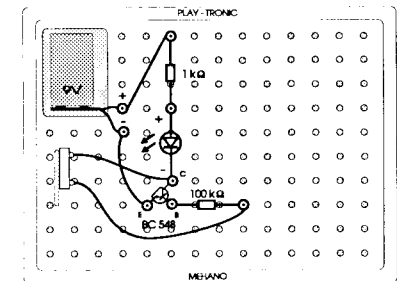
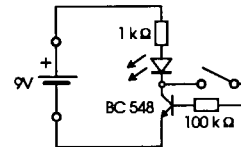


Slika 41

42. TOK, KI TEČE V BAZO, LAHKO PRIPELJEMO SKOZI KOLEKTORSKI UPOR

Spomnite se stikalnega načrta tranzistorja kot stikala. Tok je v bazo tranzistorja pripeljan skozi upor, katerega en konec je priključen na pozitivni baterijski priključek, drugi pa na bazo. To ni edini način, kako v bazo tranzistorja pripeljati tok, ki bo odprl tranzistor.

Na spodnji sliki je prikazan primer, ko tok, ki teče v bazo tranzistorja, teče tudi skozi vejo vezja med kolektorjem in pozitivnim



Slika 42

baterijskim priključkom.

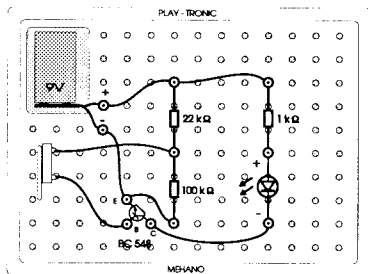
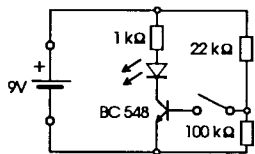
Naredite spodaj prikazano vezje. Ko pritisnete tipko, bo svetleča dioda zasvetila. To pomeni, da tranzistor deluje kot stikalo.

43. TOK, KI TEČE V BAZO, LAHKO PRIPELJEMO IZ NAPETOSTNEGA UPOROVEGA DELILNIKA

Na sliki 43 je prikazana še ena možnost napajanja baze tranzistorja z električnim tokom.

Dva upora sta uporabljena za napetostni delilnik. Z razmerjem upornosti teh dveh uporov je določeno, kako velik tok bo tekkel v bazo tranzistorja.

Vsi trije tukaj prikazani načini napajanja baze tranzistorja z električnim tokom imajo na tranzistor enak učinek: tranzistor je odprt. Kateri način napajanja baze je v vezju uporabljen, je odvisno od načina uporabe tranzistorja.



Slika 43

44. ZAPOREDNA VEZAVA DVEH TRANZISTORSKIH STIKAL

Videli smo še, da se tranzistor lahko uporablja kot stikalo. Z majhnim tokom, ki teče v bazo tranzistorja, lahko povzročimo, da skozi tranzistor steče velik tok.

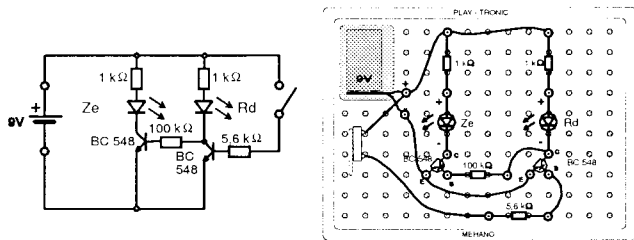
Z enim tranzistorskim stikalom lahko krmilimo drugo tranzistorsko stikalo. Takšen primer je prikazan na sliki 44. Pri vsakem izmed tranzistorjev sta med kolektorjem in pozitivnim baterijskim priključkom upor in svetleča dioda.

Svetleča dioda bo signalizirala, ali je tranzistor kot stikalo odprt ali zaprt. Če je tranzistor odprt, skozi njega ne teče električni tok in svetleča dioda ne bo svetila.

Ko na spodaj prikazano vezje priključite baterijo, bo svetila zelena svetleča dioda. Zakaj? Tipka ni pritisnjena. Zato v bazo prvega tranzistorja ne teče tok in je le-ta zaprt. Ker skozenj ne teče tok, si lahko mislimo, kot da ga v vezju ni. Zato bo s pozitivnega baterijskega priključka, skozi rdečo svetlečo diodo in upor $100k\Omega$ stekel tok v bazo drugega tranzistorja. Zaradi upora $100k\Omega$ bo ta tok pre-majhen, da bi rdeča svetleča dioda svetila. Je pa ta tok zadosti velik, da bo levi tranzistor odprt in bo skozenj tekkel tok. Zato bo zelena dioda svetila.

Pritisnite tipko. Sedaj bo električni tok stekel v bazo desnega tranzistorja, ki bo zato odprt. Skozenj bo lahko stekel veliki tok in rdeča svetleča dioda bo svetila.

Desni upor in svetleča dioda ter desni tranzistor predstavljata delilnik napetosti. Iz njega je napajana baza levega tranzistorja. Odprti tranzistor predstavlja zelo majhen upor in tako je napetost na njem majhna. Zato je tudi tok, ki lahko teče v bazo levega tranzistorja, zelo zelo majhen, zato je levi tranzistor zaprt in zelena svetleča dioda ne sveti.



Slika 44

45. TRANZISTOR KOT SPREMENLJIVI UPOR

Naredite vezje kot je prikazano na sliki 45.

Kako močno sveti žarnica, je odvisno od lege drsnika potenciometra. Če je drsnik bližje pozitivnemu baterijskemu priključku, žarnica sveti močneje, če pa je bližje negativnemu, sveti šibkeje. Če drsnik premikate, se svetlost žarnice spreminja.

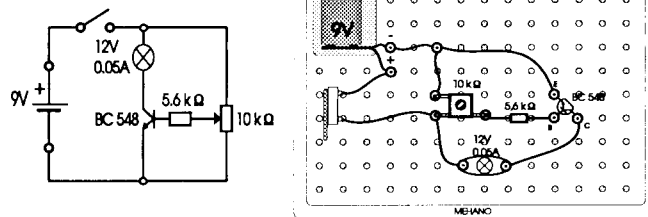
Kako to vezje deluje?

Ko je drsnik potenciometra bližji tistemu priključku potenciometra, ki je priključen na pozitivno baterijsko napetost, teče skozi bazo večji tok. Ko drsnik potenciometra premikamo, je potenciometer pravzaprav delilnik napetosti.

Na napetost tega delilnika je priključen upor, skozi katerega teče tok v bazo. Če je napetost na delilniku večja, teče v bazo tranzistorja večji tok.

Ko je tok v bazo tranzistorja večji, žarnica sveti močneje. V tem primeru teče skozi žarnico (in seveda tudi skozi tranzistor) večji tok. Ker je žarnica vedno enaka, je očitno, da tranzistor spreminja svoje lastnosti in to tako, da se obnaša kot spremenljivi upor, katerega upornost je odvisna od toka, ki teče v bazo tranzistorja.

Predstavljajte si, da sučete os potenciometra levo-desno.



Slika 45

46. ZAPOREDNA VEZAVA DVEH TRANZISTORSKIH OJAČEVALNIKOV

Tako kot smo z enim tranzistorskim stikalom lahko krmilili drugega, lahko izhod iz enega tranzistorskega ojačevalnika pripeljemo na vhod naslednjega. Na ta način lahko majhno napetost mnogokrat ojačamo.

Na spodaj prikazanem vezju je predstavljena zaporedna vezava dveh tranzistorskih ojačevalnikov. Svetleči diodi služita tukaj zato, da lahko opazujete, kako tranzistorja spreminjata svojo upornost.

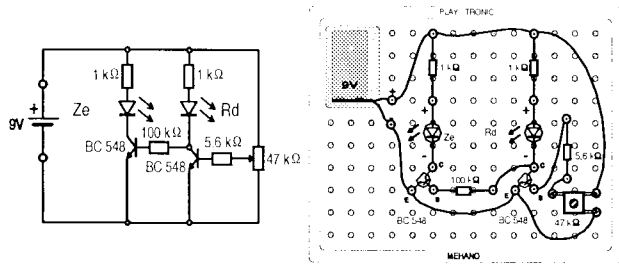
Predpostavimo, da je drsnik potenciometra v takšnem položaju, da je napetost na drsniku potenciometra nič. Zato je tok v bazo desnega

tranzistorja tudi nič in ta tranzistor je zaprt.

Iz prejšnjega primera sklepamo, da tokrat svetleča dioda ne bo svetila, zelena pa bo. Ravno obratno je, ko je drsnik potenciometra v takšnem položaju, da je tok v bazi tranzistorja največji. Takrat rdeča svetleča dioda sveti, zelena pa ne. Kako pa je v vmesnih položajih drsnika potenciometra? Poskusite!

Medtem ko sučete drsnik potenciometra, se bo npr. rdeča svetleča dioda prižigala, zelena pa ugašala. Če os zasučete v nasprotni smeri, se bo svetlost rdeče svetleče diode zmanjšala, zelene pa povečala.

S tukaj prikazanim vezjem smo pokazali, kako se lahko izhodni signal enega tranzistorskega ojačevalnika uporabi za krmiljenje naslednjega. V našem primeru smo z obema tranzistorjema prižigali in ugašali svetleči diodi. Pri drugem tranzistorju, kjer je napetost, ki je pripeljana na bazo desnega tranzistorja, še močno ojačana, lahko namesto svetleče diode uporabimo kakšen element, ki potrebuje za svoje delovanje veliko moč, npr. žarnico, navitje releja itd.



Slika 46

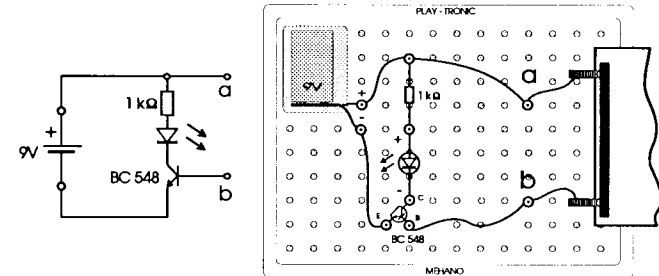
47. PLAST GRAFITA IZ SVINČNIKA NA PAPIRJU JE TUDI UPOR

V uvodu smo že omenili, da je upor običajno narejen tako, da je na keramično cevko nanosena tanka uporovna plast. To je lahko tudi grafit.

V vsakodnevnem življenju se z grafitom zelo pogosto srečamo. Grafit lahko najdemo tudi v navadnem svinčniku: jedrce oz. mina v svinčniku je narejena iz grafita. Kako lahko zgornjo trditve dokažemo? Naredite sami svoj upor!

Vzemite kos papirja in na njem z mehkim svinčnikom narišite široko in gosto zapolnjeno črto. Prepognite papir tako, da bo široka črta na robu, ob samem pregibu. Na obo konca črte postavite vzmetno sponko, v katero ste vstavili priključno žico. Dobili ste upor, ki ima priključne žice!

Kako boste preverili, da je to res upor? Vključite ga v spodaj prikazano vezje. Skozi ta upor s pozitivnega baterijskega priključka steče električni tok v bazo tranzistorja. Tranzistor je odprt in svetleča dioda zasveti.

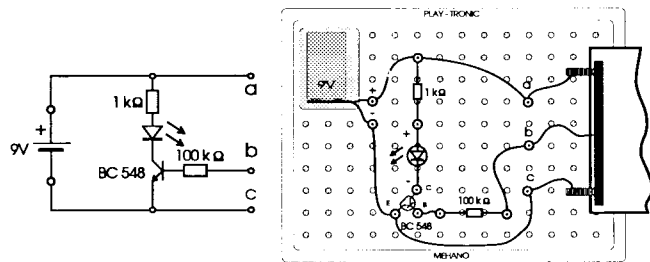


Slika 47

48. PLAST GRAFITA NA PAPIRJU LAHKO UPORABIMO KOT POTENCIOMETER

Omenili smo že, da je potenciometer pravzaprav upor, po katerem lahko premikamo drsnik. Uporabite zgoraj opisani upor, ki ste ga na papirju narisali z navadnim svinčnikom, da bi iz njega naredili potenciometer.

Za potenciometer boste uporabili za prejšnji poskus narejeni upor. Drsnik naj bo kar vzmetna sponka, v katero je vtaknjena žička. Z roko primite vzmetno sponko in z njo podrsajte po grafitni plasti na papirju. Opazujte, kako se spreminja svetlost svetleče diode! Spomnite se vezja, v katerem je bil tranzistor uporabljen kot spremenljivi upor. To je pravzaprav popolnoma enako vezje, le da je namesto tovarniško narejenega potenciometra tukaj uporabljen doma narejeni izdelek.

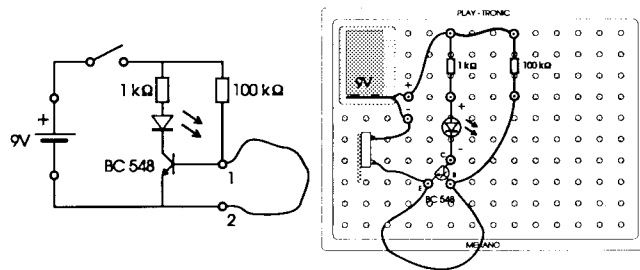


Slika 48

49. ELEKTRONSKI STRAŽAR

Sedaj ko smo spoznali delovanje vezja s tranzistorjem, lahko tranzis-

tor uporabimo na mnogo različnih načinov. V kakšnem vezju ob tranzistor uporabljen, je odvisno le od domišljije načrtovalca vezja.



Slika 49

Naslednja vezava prikazuje uporabo tranzistorja v vezju, ki sproži signal ob prekinitvi tokokroga. Takšno vezje lahko npr. uporabimo za signalizacijo nedovoljenega odpiranja vrat. V tem vezju bomo uporabili tranzistor kot stikalo.

Med sponkama 1 in 2 je žica, ki dela kratek stik med bazo in emitorjem. Ker v bazo tranzistorja ne teče električni tok, je tranzistor zaprt. Tok, ki s pozitivnega baterijskega priključka teče skozi upor 100 kΩ, teče naravnost na negativni baterijski priključek.

Če odstranite žico med sponkama 1 in 2, steče v bazo tok in tranzistor je odprt. Zato svetleča dioda zasveti. Torej, lahko tukaj opisano vezje uporabite za ugotavljanje prekinitev električnega tokokroga. Ena izmed mnogih možnosti uporabe je elektronski stražar.

Žica med sponkama 1 in 2 je lahko poljubno dolga. Na mestu, ki ga želite varovati, postavimo kakšno pripravo, s katero je zlahka možno prekiniti električni tokokrog. Na spodnji sliki je prikazan primer, kako odkrijemo nedovoljeno odpiranje vrat.

Na tisti strani vrat, ki se odpirajo, pritrđite z risalnim žebličkom na

vrata in na podboj po eno sponko za papir. Na vsako izmed sponk pritrdite žico, ki gre nato na vezje, bodisi na priključek 1 ali na priključek 2. Med sponki za papir vstavite košček žice. Paziti je treba, da je žica na mestih, kjer leži v sponkah, brez izolacije. Ko je vse končano, svetleča dioda ne sveti. Namreč, zaradi žice med sponkama 1 in 2 je med bazo in emitorjem kratki stik in zato električni tok ne teče v bazo.

Ko nekdo odpre vrata, pade žička iz sponk za papir in tako se prekine stik med točkama 1 in 2. Tok teče sedaj s pozitivnega baterijskega priključka skozi upor v bazo tranzistorja. Tranzistor je odprt in zato dioda zasveti.

Lahko poiščemo več takih mest, ki jih želimo varovati. Vsa takšna mesta (npr. okna, vrata, vrata omarice na omari itd.) zaporedno povežemo in na koncu žici pripeljemo do našega vezja. Edina težava se pojavi v tem, da ob alarmu ne vemo, na katerem mestu je "vsiljivec" sprožil alarm. Če želimo odkriti tudi to, moramo za vsako izmed varovanih mest uporabiti posebno vezje. Če so vsa vezja na istem mestu, je baterija lahko skupna.

50. JAVLJALNIK VISOKEGA NIVOJA TEKOČINE

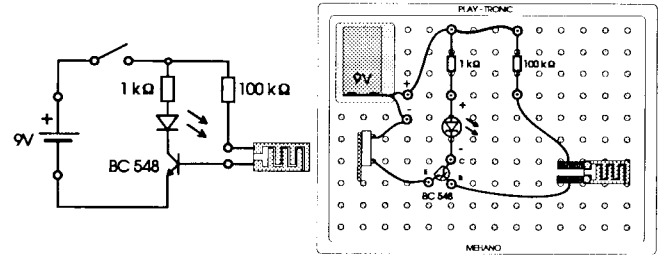
Večina tekočin prevaja električni tok. Res da zelo slabo, vendar je kljub vsemu upornost tekočine zadosti majhna, da skozenjo steče tok, ki krmili tranzistor.

V kompletu je priloženo tipalo za vlago. To je ploščica, na kateri sta dva vodnika zelo blizu skupaj na dokaj veliki dolžini. Skozi režo med vodnikoma električni tok ne more teči.

Že med ta dva vodnika pride prevodna tekočina, zaradi tega upornost celotnega tipala pade. To dejstvo bomo uporabili v naših vezjih.

V tem vezju sta med pozitivni baterijski priključek in bazo tranzistorja zaporedno vezana upor $100\text{ k}\Omega$ in tipalo za vlago. Ko je na tipalu za vlago tekočina, ki prevaja električni tok, steče tok s pozitivnega baterijskega priključka skozi upor $100\text{ k}\Omega$ in tipalo za vlago v bazo tranzistorja. Tranzistor je odprt in svetleča dioda sveti.

Treba je posebej poudariti, da tukaj opisanega čutila ne moremo uporabiti takrat, ko imamo opravka s tekočinami, ki ne prevajajo električnega toka, kot so npr. različna olja in destilirana voda. V teh primerih moramo uporabiti drugače narejena tipala.



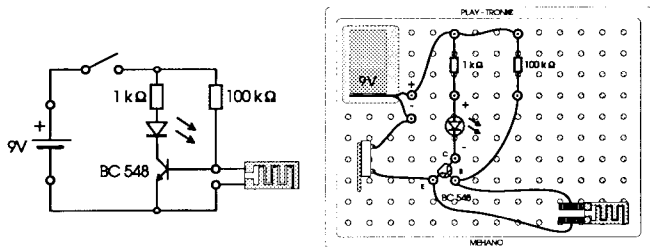
Slika 50

51. JAVLJALNIK NIZKEGA NIVOJA TEKOČINE

V tem primeru želimo imeti vključen signal takrat, ko v posodi ni tekočine. Tipalo za tekočino je v vezje vključeno tako, da skupaj z uporom $100\text{ k}\Omega$ tvori napetostni delilnik, na katerega srednji odcep je priključena baza tranzistorja.

Ko je na tipalu vlaga, je med njegovimi sponkami majhna upornost. Zato je napetost med tema sponkama premajhna, da bi stekel tok v bazo tranzistorja in tranzistor je zato zaprt.

Ko je posoda prazna, je tipalo v zraku. Kadar se vlaga posuši, ima tipalo za vlago veliko upornost. Zato napetost na srednjem odcepu napetostnega delilnika naraste in tok lahko steče skozi upor $100\text{ k}\Omega$ v bazo tranzistorja. Tranzistor je zato odprt in svetleča dioda sveti.



Slika 51

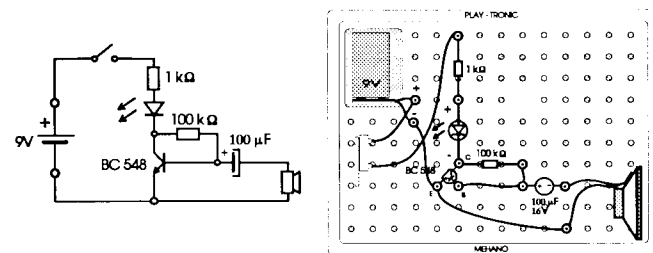
52. ENOSTOPENJSKI NIZKOFREKVENČNI OJAČEVALNIK

Spomnite se opisa delovanja zvočnika. Če skozi navitje v zvočniku teče električni tok, se to navitje obnaša kot elektromagnet. Zaradi tega se ta tuljavica potegne v rele elektromagneta ali se odbije iz njega. Če skozi to tuljavico teče tok spremenljive velikosti ali izmenični tok, se tuljavica premika naprej-nazaj. Zaradi tega zaniha zrak, ki je v bližini zvočnika, kar mi slišimo kot zvok.

V splošnem velja, da v vodniku, ki se premika v bližini magneta (oz. v vodniku, v bližini katerega se premika magnet) začne zaradi tega premikanja teči električni tok. To je osnovni princip delovanja električnih generatorjev v elektramah.

Kaj se dogaja v tuljavici, ki je v reži magneta, če se tuljavica premika sem ter tja? Zaradi premikanja tuljavice začne skozi teči električni tok. Pravimo, da se v tuljavici inducira električni tok. Ker se membrana premika sem ter tja, teče tok skozi tuljavico najprej v eni, nato v drugi smeri. Skratka, kot posledica govorjenja v zvočnik steče skozi tuljavico izmenični tok.

Če govorimo v zvočnik, se na priključnih sponkah zvočnika pojavi električni signal, katerega napetost je odvisna od tega, kako glasno govorimo ali trkamo po membrani. Tako delujejo nekateri mikrofoni,



Slika 52

53. DVOSTOPENJSKI NIZKOFREKVENČNI OJAČEVALNIK

V tem vezju sta uporabljena dva med seboj zelo podobna nizkofrekvenčna ojačevalnika. Med izhodom prvega (kolektor

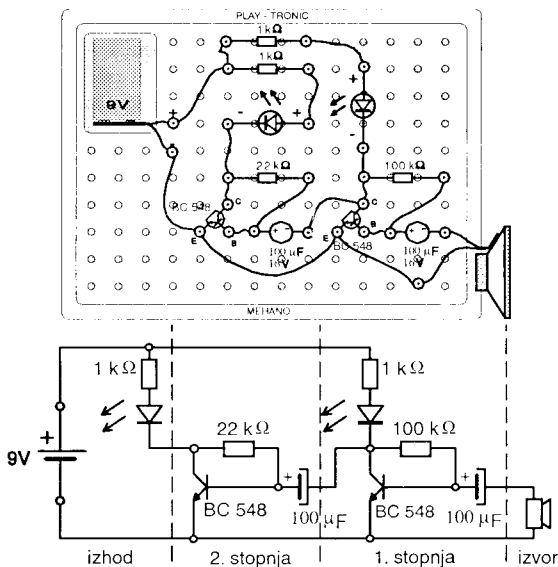
npr. tisti, ki so vgrajeni v sodobnih telefonih. Torej sta si zgradba mikrofona in zvočnika zelo podobni. V našem kompletu ni mikrofona, vendar nič ne de: namesto njega bomo uporabljali zvočnik.

V spodaj prikazanem vezju so upori izbrani tako, da je tranzistor rahlo odprt. Zato svetleča dioda rahlo sveti. Zaporedno z mikrofonom je vezan elektrolitski kondenzator. Ker je kondenzator zapora za enosmerni tok, tok, ki steče s kolektorskega priključka skozi upor $100\text{k}\Omega$, teče v celoti v bazo tranzistorja.

Na bazo tranzistorja je preko elektrolitskega kondenzatorja priključen zvočnik, ki je tukaj uporabljen kot mikrofoni. Ko potrkate po membrani zvočnika ali v zvočnik govorite, se v tuljavici inducira izmenični tok. S poskusom smo že pokazali, da lahko skozi kondenzator teče izmenični električni tok. Ta tok se prišteje k toku, ki v bazo tranzistorja teče skozi upor. Zato ima tok, ki teče v bazo, spremenljivo velikost. Kot posledica tega je tranzistor bolj ali manj odprt. Svetleča dioda zato bolj ali manj sveti.

desnega tranzistorja) in vhodom drugega (baza levega tranzistorja) je elektrolitski kondenzator, ki zagotavlja, da je napajanje baze levega tranzistorja določeno samo z upori, okoli tega tranzistorja.

Prvi tranzistor ojača nizkofrekvenčni izmenični signal, iz zvočnika, ki je tukaj uporabljen kot mikrofoni. Ojačani izmenični signal gre iz kolektorja desnega tranzistorja skozi elektrolitski kondenzator v bazo levega tranzistorja. Zato je na kolektorju levega tranzistorja signal mnogokrat okrepljen. Svetleča dioda kaže, kako se spreminja tok skozi levi tranzistor kot posledica signala, ki pride iz zvočnika.

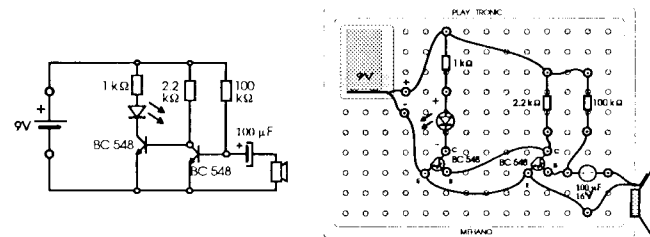


Slika 53

54. ŠE ENA IZVEDBA OJAČEVALNIKA

Na spodnji sliki je prikazana nekoliko drugačna izvedba dvostopenjskega tranzistorskega ojačevalnika. Med kolektorjem desnega in bazo levega tranzistorja ni elektrolitskega kondenzatorja. Zato enosmerni tok, ki teče skozi kolektorski upor desnega tranzistorja, lahko delno steče tudi v bazo levega tranzistorja.

Če primerjamo to vezje s prejšnjim, je v tem vezju uporabljenih manj elementov.

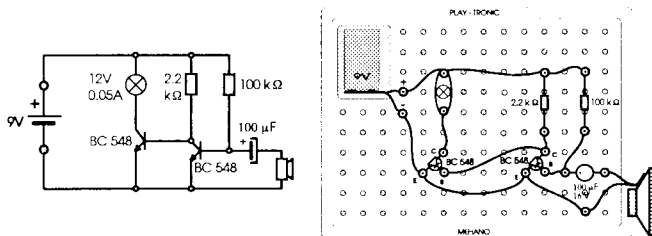


Slika 54

55. "LIGHT SHOW"

Z ojačevalniki lahko šibek signal, ki prihaja na vhod ojačevalnika, okrepiamo toliko, da žarnica zasveti.

Če žarnico priključite naravnost na sponke zvočnika, a v nobenem primeru ne bo zasvetila. Če pri narejenem vezju rahlo potrckate po zvočniku ali pihnete vanj, bo žarnica zasvetila. Podoben princip je uporabljen v vezjih, ki v disko klubih prižigajo žarnice v ritmu glasbe, ki jo poslušamo.



Slika 55

56. SENZORSKO VEZJE Z DVEMA TRANZISTORJEMA

Verjetno ste se že vprašali, kako delujejo senzorske tipke, ki jih vidite na televizijskih in radijskih sprejemnikih. Tipka sploh ni tipka, ampak le kontakt, ki se ga dotaknemo s prstom.

Če naredite vezje, prikazano na sliki 56, bo verjetno jasno, kako je takšna tipka narejena. V vezju sta uporabljena dva tranzistorja. Vzmetni sponki pozitivnega baterijskega priključka in tistega konca upora $100k\Omega$, ki ni priključen na bazo desnega tranzistorja, postavite tako blizu drugo k drugi, da se ju lahko istočasno dotaknete z istim prstom.

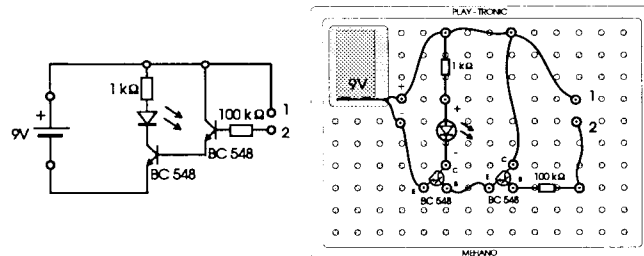
Spomnite se: če v bazo tranzistorja teče zelo majhen tok, steče skozi tranzistor iz kolektorja v emitor mnogokrat večji tok. Ta tok lahko nato speljemo tako, da teče v bazo naslednjega tranzistorja. Tako je tok, ki teče v bazo desnega tranzistorja zares mnogokrat ojačan, rezultat ojačanja pa je tok, ki teče skozi levi tranzistor. Takšno vezavo tranzistorjev, pri kateri tok iz emitorja enega tranzistorja teče naravnost v bazo drugega, strokovnjaki imenujejo Darlingtonova vezava.

Površina naše kože je vedno prekrita z različno umazanijo, vlago in kislinami (pot!), zato po površini kože lahko teče električni tok.

Upornost kože je dokaj velika in tok, ki teče po njeni površini, je zato zelo zelo majhen. Ravno ta tok je speljan v bazo desnega tranzistorja na prikazanem stikalnem načrtu. Ko se s prstom dotaknete vzmetnih sponk, ki sta na sliki označeni z 1 in 2, bo svetleča dioda zasvetila.

Čemu služi upor $100k\Omega$, ki je med senzorskim kontaktom in bazo desnega tranzistorja? Vezje bi delovalo, tudi če tega upora ne bi bilo, vendar...

Lahko bi se zgodilo, da bi kdo pomotoma (ali nalašč) s kovinskim predmetom vzpostavil stik med senzorskima kontaktoma. V takšnem primeru bi bila baza priključena naravnost na pozitivni baterijski priključek. Spomnite se: smer baza-emitor se pri tranzistorju obnaša kot dioda. Ta dioda je obrnjena tako, da električni tok lahko teče z emitorja na negativno baterijsko sponko. Zato bi s pozitivnega baterijskega priključka stekel v bazo tranzistorja velik tok, ki bi uničil tranzistor. Zaradi tega je zaporedno z bazo tranzistorja vstavljen še en upor, ki ščiti tranzistor pred tem, da bi v njegovo bazo stekel prevelik električni tok.

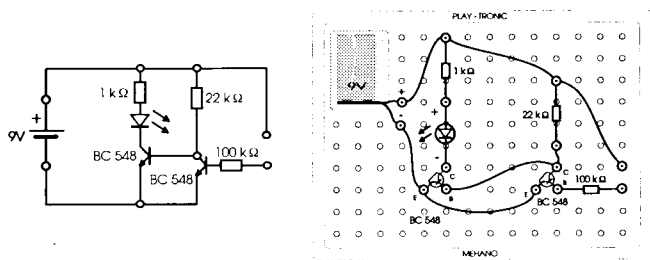


Slika 56

57. SENZORSKO VEZJE, KI IZKLJUČI NAPRAVO

V tem vezju je desni tranzistor uporabljen kot stikalo, ki vključi levo tranzistorsko stikalo. V mirujočem stanju v bazo desnega tranzistorja ne teče električni tok. Ta tranzistor je zato zaprt in predstavlja veliko upornost. Električni tok steče zaradi tega skozi upor $22\text{k}\Omega$ v bazo levega tranzistorja, ki je odprt in svetleča dioda zasveti.

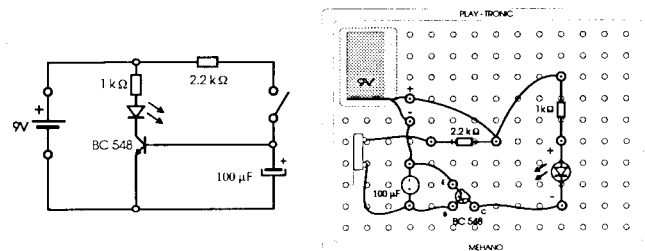
Ko se s prstom dotaknete "senzorskih" vzmetnih sponk, steče v bazo desnega tranzistorja električni tok, ki odpre ta tranzistor. Odprt tranzistor predstavlja majhno upornost in zato je na srednjem odcepu delilnika napetosti, ki ga tvorita upor $22\text{k}\Omega$ in desni tranzistor, majhna napetost. Tok v bazi levega tranzistorja pade, tranzistor je zaprt in svetleča dioda ne sveti.



Slika 57

58. KONDENZATOR IN TRANZISTOR (1)

Ko naredite spodaj prikazano vezje in ga priključite na baterijo, svetleča dioda ne sveti. To je razumljivo, kajti ni električnega toka, ki bi tekkel v bazo tranzistorja in zato je tranzistor zaprt.



Slika 58

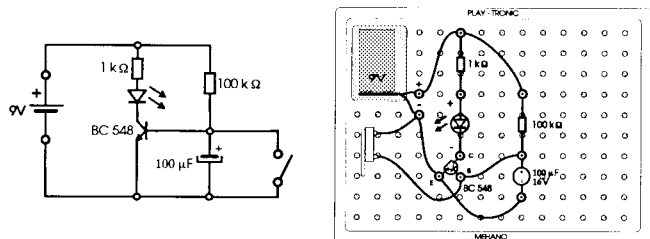
Pritisnite tipko. S pozitivnega baterijskega priključka steče tok skozi upor in tipko ter naprej v elektrolitski kondenzator in bazo tranzistorja. V začetku je kondenzator prazen, zato vanj električni tok sunkovito steče. Medtem ko se kondenzator polni, na njegovih sponkah narašča napetost. V določenem trenutku je le-ta zadosti velika, da nekaj toka steče tudi v bazo tranzistorja in tranzistor se začne odpirati. Svetleča dioda sveti vse močneje, dokler svetlost ne doseže maksimuma.

Sprostite tipko. Kondenzator je poln in je zato v njem shranjena elektrina. Ko tipko sprostimo, se kondenzator obnaša kot baterija, iz katere tok lahko steče v bazo tranzistorja. Zato je tranzistor še nekaj časa odprt. Ker se kondenzator počasi prazni, se tok, ki iz njega teče v bazo tranzistorja, počasi zmanjšuje. Tranzistor se počasi zapira in zato svetlost diode počasi peša, na koncu pa svetleča dioda ugasne.

59. KONDENZATOR IN TRANZISTOR (2)

V tem vezju je tipka vezana vzporedno z elektrolitskim kondenzatorjem. Ko narejeno vezje priključite na baterijo, svetleča dioda

počasni zasveti, podobno kot v prejšnjem poskusu. Pritisnite tipko. Zaradi tega je kondenzator kratko sklenjen in se v hipu sprazni. Istočasno se svetleča dioda ugasne. Sprostite tipko. Kondenzator se začne počasi polniti. Hkrati se zaradi tega začne počasi odpirati tranzistor in svetleča dioda sveti vedno močneje, dokler svetlost ne doseže maksimuma.



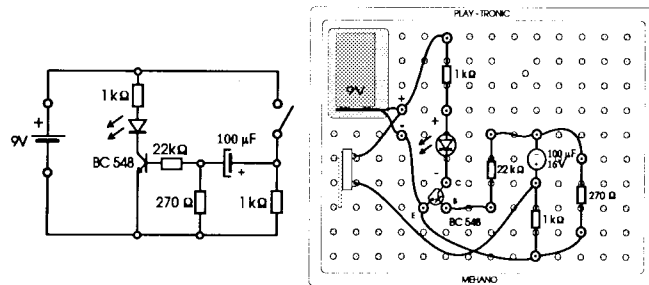
Slika 59

60. KRATKOTRAJNA VKLJUČITEV NAPRAVE

Vezje, ki uporablja lastnosti polnjenja kondenzatorja lahko uporabimo za kratkotrajno vključitev kakšne naprave. To je lahko npr. ventilator v kopalnici, električni zvonec ali gong pri vhodnih vratih itd. Tukaj opisano vezje sicer tega ne omogoča, vendar če bi namesto svetleče diode in zaporedno vezanega upora med kolektor tranzistorja in pozitivni baterijski priključek priključili navitje releja, bi lahko s posredovanjem releja vključili tudi porabnik, ki za svoje delovanje potrebuje večji tok in napetost.

Kako deluje vezje? Predpostavimo, da je elektrolitski kondenzator prazen. Ko pritisnete tipko, steče s pozitivnega baterijskega priključka električni tok v elektrolitski kondenzator. Nato se ta tok razveja: en del gre skozi upor 270Ω proti negativnemu baterijskemu

priključku, drugi pa skozi upor $22k\Omega$ v bazo tranzistorja. Zato je tranzistor odprt in svetleča dioda sveti.



Slika 60

Kondenzator se počasi napolni. Ko je poln, vanj ne teče tok. Zato ni niti toka, ki bi tekel v bazo tranzistorja, le-ta je zaprt in svetleča dioda ne sveti.

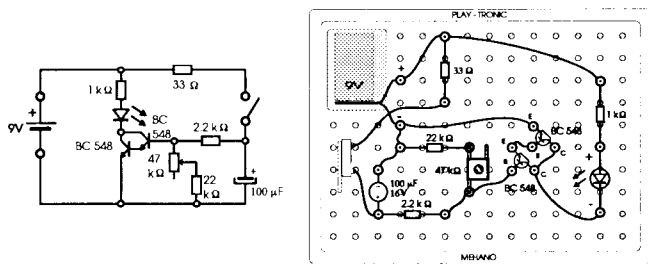
Ko tipko sprostite, pozitivni priključek elektrolitskega kondenzatorja ni več priključen na pozitivni baterijski priključek. Tako tok lahko steče skozi upor $1k\Omega$ in 270Ω in kondenzator se sprazni. Ta čas teče tok skozi upor 270Ω v nasprotni smeri od tiste, v kateri je tekel potem, ko ste pritisnili tipko. Sedaj je napetost na tem uporu v nasprotni smeri kot prej. To pomeni, da je tranzistor zaprt in svetleča dioda ne sveti.

61. STIKALO Z NASTAVLJIVO ČASOVNO ZAKASNITVJO

Verjetno ste že imeli priložnost opazovati starše, kako na temnem parkirišču skušajo zakleniti avto, potem ko so bila vsa vrata na avtomobilu zaprta in ni bilo nikjer nobene luči. Bilo bi zelo lepo, če bi luči v notranjosti avta bile vsaj še nekaj sekund prižgane, da bi tako

lažje poiskali ključavnico.

Predpostavimo, da je tipka v spodnji shemi za prižiganje luči v notranjosti avta. Ko sta kontakta tipke sklenjena, steče tok s pozitivnega baterijskega priključka skozi upor 33Ω , nakar en del steče v elektrolitski kondenzator in ga začne polniti, drugi pa naprej v upor $2,2k\Omega$. Od tu naprej en del toka steče v bazo tranzistorja, drugi pa skozi potenciometer proti negativnemu baterijskemu priključku. Zaradi toka, ki teče v bazo tranzistorja, le-ta odprt in svetleča dioda sveti.



Slika 61

Sprostite tipko. Elektrolitski kondenzator se začne prazniti skozi upor $2,2k\Omega$, nakar en del tega toka steče v bazo, drugi pa skozi potenciometer in upor $22k\Omega$. V odvisnosti od lege drsnika na potenciometru se kondenzator prazni hitreje ali počasneje.

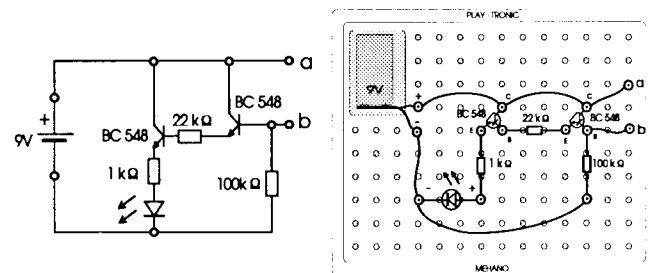
Ko je napetost na elektrolitskem kondenzatorju premajhna, da bi tok, ki teče v bazo tranzistorja, ohranjal tranzistor odprt, svetleča dioda ugasne. Potenciometer služi torej zato, da z njim nastavite, koliko časa naj svetleča dioda sveti še potem, ko sprostite tipko.

62. VEZJE ZA PREIZKUŠANJE ELEMENTOV

V vezju prikazanem na sliki 62 svetleča dioda sveti, če teče električni tok iz sponke a v sponko b. Kako lahko to ugotovitev uporabimo za preizkušanje elementov?

Če med sponki a in b vključite upor, svetleča dioda sveti, če le upor ni prekinjen ali poškodovan.

Če med sponki a in b vključite kondenzator, svetleča dioda zasveti samo za hipec. Ko se kondenzator napolni, tok ne steče več iz sponke a v kondenzator in naprej v bazo tranzistorja. Zato dioda ugasne. Če ima kondenzator večjo kapacitivnost, svetleča dioda sveti dlje časa. Če dioda ne ugasne, pomeni, da je kondenzator pokvarjen.

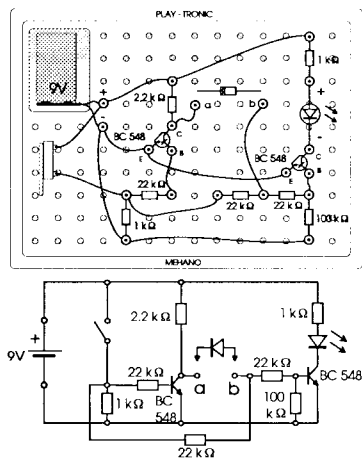


Slika 62

S tem vezjem lahko preizkušate tudi neoporečnost diod. Diodo morate priključiti tako, da je katoda - označena nogica diode - priključena na sponko b. Svetleča dioda sveti. Če sedaj diodo, ki jo preverjate, obrnete, ne sme svetiti. Če se pri priključevanju preizkušane diode vezje ne obnaša tako, kot je tukaj opisano, je dioda pokvarjena.

63. VEZJE ZA PREIZKUŠANJE DIOD

Pri prejšnjem vezju je bilo treba testirano diodo med testiranjem dvakrat priključiti in pogledati, kako se obnaša v smerih anodakatoda in katoda-anoda.



Slika 63

Z elementi, ki jih imate na voljo, lahko naredite zelo izpopolnjeno vezje za preizkušanje diod.

Poglejmo, kako se vezje obnaša, če vstavimo vanj dobro ali pokvarjeno diodo.

Predpostavimo najprej, da je dioda v svoji notranjosti prekinjena. To bi bilo enako, kot da v testnem vezju med sponkama a in b ni ničesar. Desni tranzistor je zaprt, saj ni poti za tok, ki bi tekel v njegovo bazo. Zato svetleča dioda ne sveti. Pritisnite sedaj tipko. Skozi tipko in upor $22\text{ k}\Omega$ steče tok v bazo desnega tranzistorja, ki se zato odpre, in

svetleča dioda sveti. Zaradi pritisnjene tipke je odprt tudi levi tranzistor, vendar to trenutno ni pomembno.

Predpostavimo, da je dioda v svoji notranjosti kratko sklenjena. To bi bilo enako, kot bi med sponki a in b vstavili košček žice. Sedaj tok lahko steče skozi upor $2,2\text{ k}\Omega$, vstavljeno žico in upor $22\text{ k}\Omega$ v bazo desnega tranzistorja. Zato je ta tranzistor odprt in svetleča dioda sveti. Pritisnite tipko. Sedaj je odprt levi tranzistor in njegova upornost je zato zelo majhna. Zaradi tega bo napetost med emitorjem in kolektorjem tega tranzistorja premajhna, da bi tok stekel v bazo drugega tranzistorja. Tako je ta tranzistor zaprt in svetleča dioda ne sveti.

Predpostavimo, da je vstavljena dioda dobra in vstavljena tako, kot je narisano: katoda je na sponki a. Ko je tipka sproščena, je dioda zapora toku, ki bi tekel skozi upor $2,2\text{ k}\Omega$ proti bazi desnega tranzistorja. Zato svetleča dioda ne sveti. Ko pritisnete tipko, je levi tranzistor odprt, zato je med njegovim kolektorjem in emitorjem majhna upornost. Tok, ki teče skozi tipko in upor $22\text{ k}\Omega$, je zaradi majhne upornosti levega tranzistorja raje stekel skozi diodo in levi tranzistor, zato je desni tranzistor spet zaprt. Svetleča dioda ne sveti.

Predpostavimo, da je vstavljena dioda dobra in v vezje vstavljena narobe, oz. da je katoda na sponki b. Skozi upor $2,2\text{ k}\Omega$, preizkušano diodo in upor $22\text{ k}\Omega$ steče tok v bazo desnega tranzistorja, ki je zato odprt in svetleča dioda sveti. Ko pritisnete tipko, je levi tranzistor odprt in na njem majhna napetost. Tok skozi tipko in upor $22\text{ k}\Omega$ steče tudi proti sponki b. Ker je leva sponka diode (zaradi odprtega levega tranzistorja) na zelo nizki napetosti, je preizkušana dioda obrnjena narobe. Zato tok ne steče v tej smeri, temveč lahko teče le v bazo desnega tranzistorja. Ta je še spet odprt in dioda sveti.

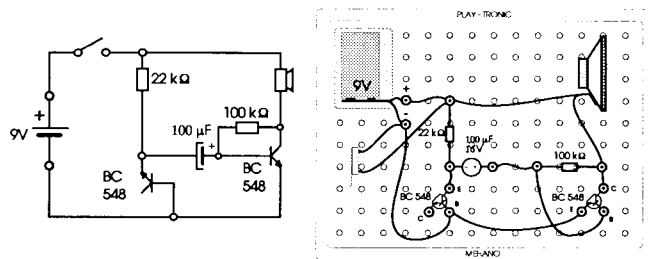
Iz zgoraj opisanega obnašanja vezja bi lahko sestavili naslednjo tabelo.

Stanje diode	Tipka je pritisnjena	Tipka je sproščena
dobra	ugasnjena	ugasnjena
prekinjena	sveti	ugasnjena
kratek stik	ugasnjena	sveti
napačno obrnjena	sveti	sveti

64. GENERATOR ŠUMA

Verjetno ste že imeli priložnost videti ojačevalnik z vgrajenim prikazovalnikom, na katerem je prikazano, koliko so v glasbi, ki jo trenutno poslušate, močnipo samezni toni. Na prikazovalniku lahko videte stolpiče, ki poskakujejo v ritmu glasbe. Pod posameznimi stolpiči je napisano, kateri frekvenci poslušanega signala ustreza stolpič, npr.: 100Hz, 200Hz, 500Hz, 1kHz itd.

Za visokokakovostno predvajanje glasbe je nujno potrebno, da ojačevalnik enako ojača vse tone. Kako bi to preverili? Morali bi imeti vir signala, ki bi ga priključili na ojačevalnik, na izhodu ojačevalnika pa bi merili moč. Na viru bi nato nastavili frekvenco signala in izmerili moč ojačevalnika.



Slika 64

Nato bi pri enako močnem signalu spremenili frekvenco in spet izmerili moč. Tako bi lahko ugotovili, katere frekvence ojačevalnik ojačuje bolj, katere manj. Nato bi z ustreznimi regulatorji nastavili ojačanje ojačevalnika pri vsaki frekvenci posebej.

Obstaja signal, v katerem so še vsebovani zvoki vseh frekvenc istočasno. To je šum. Če bi imeli vir šuma, bi ga priključili na vhod ojačevalnika in nato na izhodu ojačevalnika merili moč z instrumentom, ki lahko pokaže moč pri posameznih frekvencah. Takšni instrumenti imajo zgoraj opisane stolpičaste prikazovalnike. Nato zlahka in zelo hitro opravimo vse nastavitve ojačevalnikov.

Takšno vezje, ki kot izhodni signal daje šum, je prikazano na sliki 64. Kot element, ki oddaja šum, je uporabljena dioda emitor-baza tranzistorja BC548, ki je v vezje priključena tako, da je obrnjena v nasprotni smeri. Tako priključen tranzistor daje šum, ki ga nato lahko dodatno ojačamo. V ta namen je uporabljen tranzistorski ojačevalnik. Ko pri tukaj opisanem vezju pritisnete na tipko, iz zvočnika slišite šum.

65. TEMPERATURNO OBČUTLJIVO STIKALO

Spoznali smo delovanje termistorja, tranzistorja in releja. Pridobljeno znanje še zadostuje, da lahko naredimo tudi nekoliko bolj zapletena vezja.

Zamislite si, da imate grelec, za katerega želite, da se samodejno vključi takrat, ko je temperatura padla na predpisano vrednost. To bo naredilo vezje, zelo podobno tistemu, ki je prikazano na spodnji sliki. Termistor in spremenljivi upor, ki sta na desni strani stikalnega načrta, predstavljata delilnik napetosti. Če je upornost termistorja manjša (to je pri višji temperaturi), je izhodna napetost delilnika višja. Na srednjo točko oz. izhod napetostnega delilnika je preko upora priključena baza tranzistorja. Ker napetost na delilniku naraste, naraste tudi tok v bazo tega tranzistorja in tranzistor je odprt. Zaradi tega je napetost med kolektorjem in emitorjem tega tranzistorja majhna, zmanjšan je tok, ki teče v bazo levega tranzistorja,

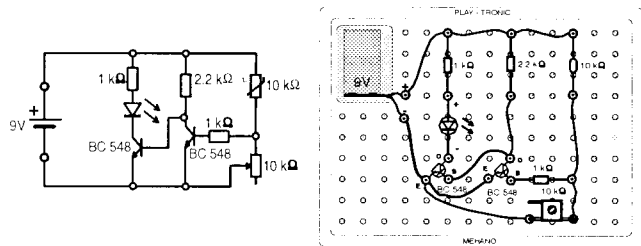
tranzistor se zapre in svetleča dioda ugasne. Lahko si predstavljate, da je v vezju namesto svetleče diode in upora $1k\Omega$ vključeno navitje releja, ki s svojimi močnimi kontakti vključi grelec ali pa pri centralnem ogrevanju odpre električni ventil za vročo vodo.

Ko temperatura pade, upornost termistorja naraste. Zato je levi tranzistor zaprt, desni pa odprt in svetleča dioda zasveti.

Vežje je lahko vgrajeno kjerkoli, termistor pa mora biti na mestu, na katerem želimo uravnovati temperaturo.

Med termistorjem in negativno baterijsko sponko je spremenljiv upor oz. potenciometer. Če je ta upor manjši, steče v bazo desnega tranzistorja manj toka. Da bi bil tok v bazo tega tranzistorja zadosti velik za vključitev releja, mora upornost termistorja pasti na manjšjo vrednost, kar se zgodi pri višji temperaturi.

To pravzaprav pomeni, da s spreminjanjem lege drsnika potenciometra lahko nastavljate temperaturo, pri kateri se bo grelec vključil. Pri manjši upornosti potenciometra se grelec vključi pri višji temperaturi in obratno.



Slika 65

Ko vežje naredite, zasučite os potenciometra tako, da svetleča dioda ugasne. Nato ga zasučite nekoliko nazaj, ravno toliko, da svetleča dioda zasveti. Nato primate s prsti termistor. S tem ga segrejete in

svetleča dioda ugasne. Počakajte nekaj časa. Termistor se ohladi in svetleča dioda spet zasveti.

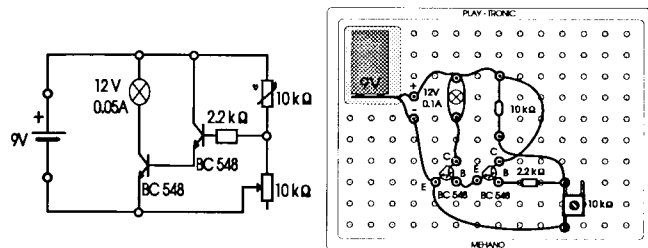
66. ELEKTRIČNA SVEČA

Da bi prižgali svečo, potrebujete toploto (npr. ogenj vžigalice), da bi jo ugasnili je zadosti, da vanjo pihnete. Naslednje vežje se obnaša podobno kot sveča.

Če termistor segrejete s prsti, njegova upornost pade. Zato je na termistorju manjša napetost, v bazo desnega tranzistorja pa steče večji tok. Zaradi tega tudi v bazo levega tranzistorja steče večji tok, tranzistor se odpre in žarnica zasveti.

Če sta žarnica in termistor postavljena zelo blizu drug k drugemu, žarnica s svojo toploto greje termistor, zato žarnica še naprej sveti.

Kaj je treba narediti, da žarnica ugasne? Pihajte narahlo v termistor tako, da ga ohladite. Če je to potrebno, pihnite nekajkrat, žarnica počasi ugaša. Hladnejši termistor ima večji upor in zato teče skozi termistor manjši tok. Manjši tok teče tudi v bazo tranzistorja in s tem tudi skozi tranzistor. Žarnica zato ugasne.



Slika 66

S spremenljivim uporom nastavite, pri kateri temperaturi bo žarnica

začela svetiti. Zasučite os potenciometra tako, da žarnica ugasne. Počakajte nekaj časa, da se termistor ohladi. Nato sučite os potenciometra toliko časa, da žarnica zažari in jo nato hitro obrnite nekoliko nazaj, da žarnica ne sveti več. Pazite na medsebojno lego termistorja in žarnice. Žarilna nitka mora biti, kolikor je to mogoče, bližje termistorju.

67. JAVLJANJE SPREMEMBE TEMPERATURE

Včasih želimo vedeti, če se je temperatura od predhodno določene spremenila navzgor ali navzdol. Takrat lahko uporabimo vezje, podobno spodaj prikazanemu.

Značilnost vezja je način, kako sta priključena tranzistorja. Tok, ki teče iz emitorjev, teče skozi skupni upor $1\text{ k}\Omega$. Ta upor določa, koliko toka teče skozi oba tranzistorja skupaj. Več toka seveda teče skozi tranzistor, ki ima manjšo upornost. Ker tok lahko teče skozi levi ali desni tranzistor, ali skozi oba enako, imenujemo to vezje balančna vezava. Vezje reagira na razliko napetosti med točkama a in b. Če sta ti dve napetosti enaki, je vezje v ravnovesju. Takrat obe svetleči diodi svetita enako močno.

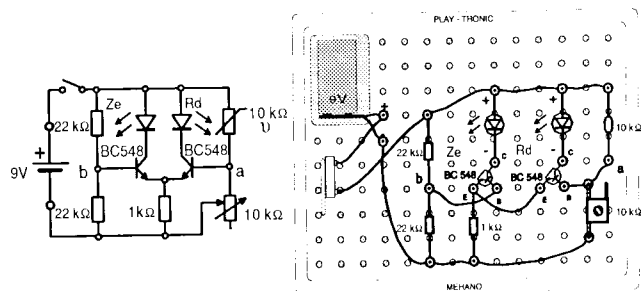
Situacija je podobna tisti na otroški gugalnici: ena stran je ali spodaj ali zgoraj, če pa se oba otroka nekoliko potrudita, je lahko gugalnica v ravnovesju.

Torej, če v obe bazi teče enak tok, je tudi balančno vezje v ravnovesju in oba tranzistorja imata enako upornost. Zato obe svetleči diodi svetita enako močno.

Če se termistor segreje, njegova upornost pade. Zato je napetost na točki a nekoliko višja od tiste na točki b. Zaradi tega je desni tranzistor bolj odprt kot levi in desna (rdeča) svetleča dioda sveti močneje kot prej, leva (zelena) pa šibkeje.

Če se termistor ohladi, napetost na točki a nekoliko pade. Sedaj je napetost na točki b višja od one na točki a. Desni tranzistor je sedaj bolj odprt in zelena dioda sveti močneje kot prej, rdeča pa šibkeje.

S potenciometrom, ki je v vezje priključen kot spremenljivi upor, nastavimo, pri kateri temperaturi (oz. upornosti termistorja) je vezje v ravnovesju. Takrat obe svetleči diodi svetita enako močno.



Slika 67

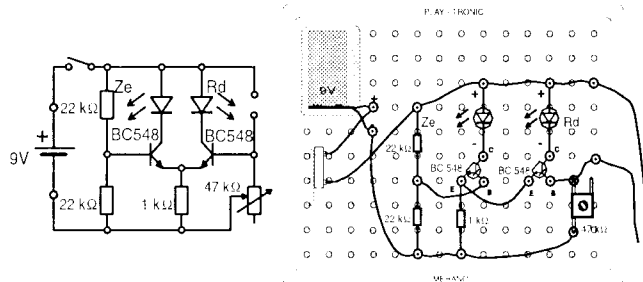
Če temperatura nato pade, zelena svetleča dioda sveti bolj, rdeča pa manj. Pri dvigu temperature je vloga svetlečih diod zamenjana. Pogled na svetleči diodi zadostuje, da izvemo, če je temperatura v bližini termistorja višja, nižja ali pa enaka nastavljeni.

68. JAVLJANJE TOČNO DOLOČENE GLADINE TEKOČINE V REZERVOARJU

Vezje je narejeno z balančno vezavo tranzistorjev, opisano v prejšnjem primeru. Sedaj je seveda javljalik prilagojen delu s tekočinami. To bi lahko bili dve dolgi, vzporedno postavljeni neizolirani žici. Ko se gladina tekočine v rezervoarju dviga, se spreminja upornost med žicami, ki sta navpično položeni vzdolž stene rezervoarja.

Ker je upornost tekočin od primera do primera različna, je treba paz-

iti na izbiro in nastavitvev spremenljivega upora. V tem primeru je na risbi narisana spremenljivi upor $47k\Omega$.



Slika 68

69. LOGIČNI INVERTER (NOT)

Verjetno vas je že mučilo vprašanje, kako delujejo računalniki. Naj je to videti še tako neverjetno, že tako zapleten računalnik sestavlja množica zelo enostavnih vezij.

Računalniki ne znajo računati in delati s številkami tako, kot delamo ljudje. Tudi vezja sama ne znajo kar tako računati poštevance, kot to počnemo mi. Pri računalnikih so vsi ukazi in podatki zapisani z znaki, ki vsebujejo samo ničle in enice. Ničlo in enico si lahko predstavljamo kot "napetosti ni" in "napetost je". V detajle zapisa podatkov in ukazov se tukaj ne bomo spuščali. Prikazali pa bomo osnovna vezja, kakršnih je mnogo v vsakem računalniku ali računalniškem integriranem vezju. Ker so se kot prvi s tovrstnimi vezji ukvarjali angleško govoreči znanstveniki, jih pogosto poimenujemo z angleškimi besedami. V mednaslovjih so ti nazivi navedeni v oklepajih.

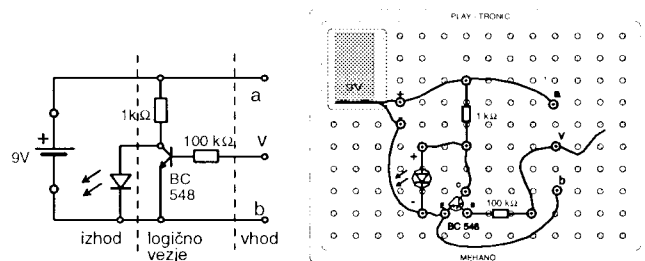
Logične signale lahko opazujemo tako, da opazujemo svetlečo diodo, ki sveti ali ne. Mi bomo rekli, da imamo kot vhodni podatek

logično 1 takrat, ko je vhodna sponka priključena na pozitivno baterijsko sponko, logično 0 pa takrat, ko je vhodna sponka priključena na negativni baterijski priključek. Na izhodu vezja je logično 1 takrat, ko svetleča dioda sveti, logično 0 pa takrat, ko je ugasnjena.

Obnašanje vsakega digitalnega vezja lahko opišemo s tabelo, v kateri so navedena logična stanja na vhodu (oz. vhodih, če jih je več) in izhodu (oz. izhodih, če jih je več). Takšno tabelo imenujemo pravilnostna tabela.

Pri naših vezjih se bomo omejili na tista z največ dvema vhomoda. Pri vseh naših vezjih je prikazano, kje so vhodi, kje je samo vezje in kje je izhod. Ker imajo nekatera vezja dva vhoda, mi pa imamo v kompletu le eno tipko, si lahko pomagata tako, da se z žičko, ki je priključena v vhodno vzmetno sponko, enkrat dotaknete pozitivnega baterijskega priključka (logično 1), drugič pa se s to žico dotaknete negativnega baterijskega priključka (logično 0).

Najenostavnejše logično vezje je inverter. To je vezje, ki obrne pomen vhodnega signala. Torej, če imamo na vhodu logično 1, bomo imeli na izhodu logično 0 in obratno. Pravilnostna tabela inverterja je takšna:



Slika 69

VHOD	IZHOD
0	1
1	0

Vezje, ki je uporabljeno kot inverter, je pravzaprav tranzistorско stikalo, na katerem opazujemo, ali je tranzistor odprt ali ne. Če je vhodna sponka (v) priključena na pozitivni baterijski priključek (a), je tranzistor odprt in ima zato majhno upornost. Vzporedno z njim priključena svetleča dioda zato ne bo svetila.

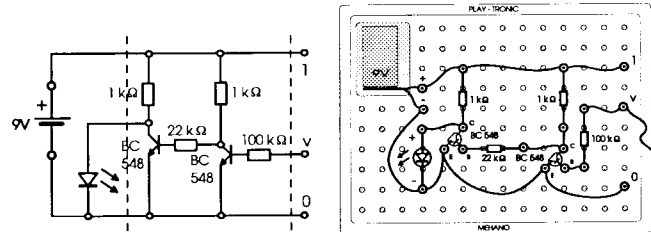
Ko je vhodna sponka (v) priključena na negativni baterijski priključek (b), je tranzistor zaprt. Tranzistor ima zato zelo veliko upornost. Zaradi tega teče tok s pozitivnega baterijskega priključka skozi upor $1k\Omega$ in nato skozi svetlečo diodo, ki zato sveti.

70. DVA ZAPOREDNO VEZAJA INVERTERJA

Izhode in vhode logičnih vezij lahko med seboj povežemo tako, da dobimo nova vezja. Na ta način lahko z enostavnimi logičnimi vezji dobimo vezja z zelo zapletenimi funkcijami med vhodnimi in izhodnimi stanji.

Tukaj imamo zelo enostaven primer: dva zaporedno vezana inverterja. Kakšna je pravilnostna tabela, lahko kar uganemo: če prvi inverter obrne pomen logičnega signala, ga drugi inverter obrne še enkrat. Zato imamo na izhodu signal, enak tistemu na vhodu. Pravilnostna tabela takšnega vezja je:

VHOD	IZHOD
0	0
1	1

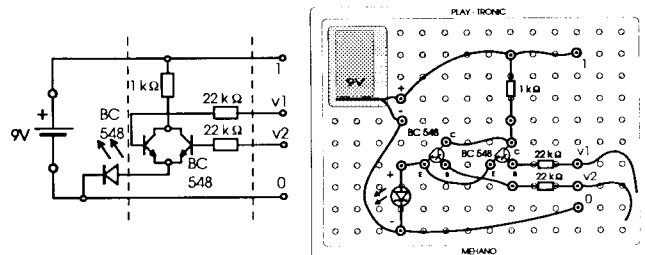


Slika 70

71. LOGIČNO "ALI" (OR)

Pri tem vezju sveti svetleča dioda takrat, ko je na kateremkoli izmed vhodnih priključkov logično stanje 1.

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



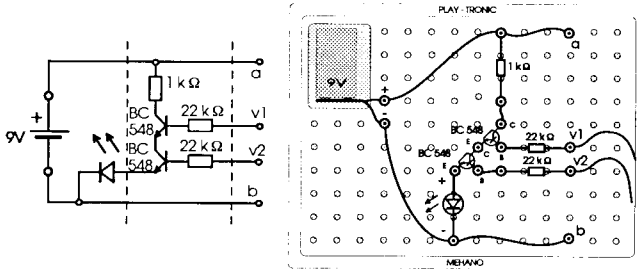
Slika 71

V vezju sta dva tranzistorja s povezanima emitorjem in kolektorjem vezana skupaj. Ko je katerikoli izmed njiju odprt, steče tok skozi upor $1k\Omega$, tranzistor in nato še skozi svetlečo diodo. Tranzistor je odprt takrat, ko se z žičko dotaknete pozitivne baterijske sponke.

72. LOGIČNI "IN" (AND)

Pri tem vezju sta tranzistorski stikali vezani zaporedno. Tok teče skozi svetlečo diodo samo takrat, ko sta oba tranzistorja odprta. To pomeni, da morata biti oba vhoda priključena na pozitivni baterijski priključek, oz. morata imeti stanje logično ena. S pravilnostno tabelo bi zgoraj navedeno zapisali takole:

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

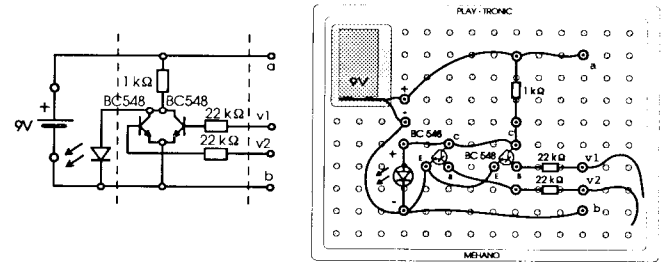


Slika 72

73. LOGIČNI "NEGIRAN ALP" (NOT OR OZ. NOR)

Tudi v tem vezju sta uporabljeni dve vzporedno vezani stikali. S svetlečo diodo opazujemo, kdaj bosta oba tranzistorja zaprta oz. tranzistorski stikali odprti. Takrat imata oba tranzistorja zelo veliko upornost in tok zlahka steče skozi diodo, ki zato sveti. Pravilnostna tabela za takšno vezje je:

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



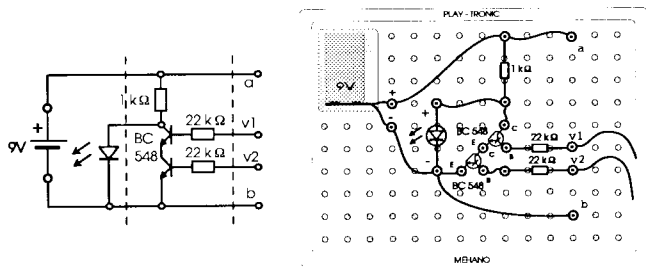
Slika 73

Poglejte pravilnostno tabelo za vezje OR. Pri vezju NOR je izhodni signal obraten (negiran) tistemu, ki smo ga imeli pri OR.

74. LOGIČNI "NEGIRANI IN" (NOT AND OZ. NAND)

Če se spomnite, kakšna je pravilnostna tabela pri vezju AND, ima pri

tem vezju pravilnostna tabela obrnjen pomen na izhodu.



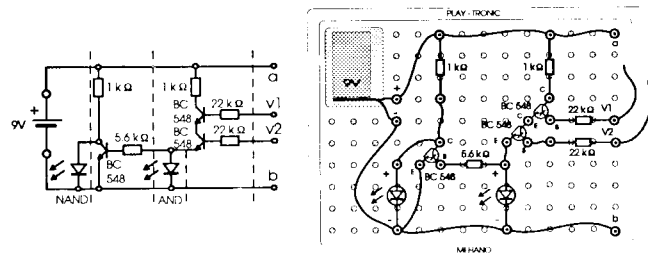
Slika 74

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Pri tem vezju opazujemo, kdaj sta dve tranzistorjski stikali istočasno sklenjeni. Ko se z žičkama na obeh vhidih dotaknete pozitivnega baterijskega priključka, teče tok v bazi obeh tranzistorjev in oba tranzistorja se odpreta. Zaradi tega je svetleča dioda vezana vzporedno z majhno upornostjo in ne sveti. Ko je katerikoli (ali oba) izmed tranzistorjev zaprt, predstavlja veliko upornost in skozi njega tok ne teče. Zato bo na svetleči diodi zadosti velika napetost, da bo prižgana.

75. OGIČNI NAND, NAREJEN Z AND IN NOT

Omenili smo že, da lahko vedno uporabimo inverter, da z njim obrnemo pomen signala. Tako lahko dobimo enak rezultat kot v prejšnjem primeru, če izhod vezja AND pripeljemo na inverter.



Slika 75

Če potrebujemo samo funkcijo NAND, lahko uporabimo še opisano vezje, ker je v njem manj elementov kot v tukaj opisanem. Če pa zaradi določenega razloga potrebujemo istočasno vezji AND in NAND, ni treba zaradi tega narediti obeh vezij, temveč je zadosti, da naredimo le vezje AND in en inverter. Tako bo vezje nekoliko bolj enostavno. Pri zelo zapletenih logičnih vezjih so načrtovalci zaradi cene in prostora, ki ga potrebujejo za vezja, prisiljeni upoštevati tudi takšne "malenkosti".

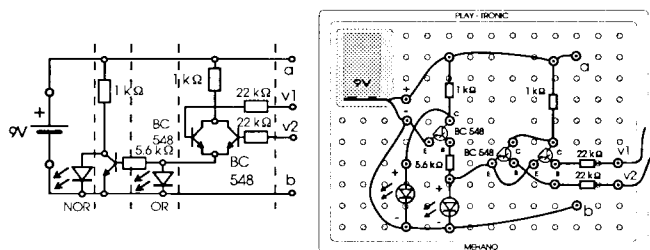
Predpostavimo, da potrebujemo funkciji AND in NAND. Tako dobimo naslednjo pravilnostno tabelo:

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD AND	IZHOD NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

76. LOGIČNI NOR, NAREJEN Z OR IN NOT

Tako kot smo logično vezje NAND naredili z vezji AND in NOT, lahko na podoben način naredimo logično vezje NOR iz vezji OR in NOT. Pri tem pa imamo na voljo dva izhoda: OR in NOR. Pravilnostna tabela za takšno vezje je takšna:

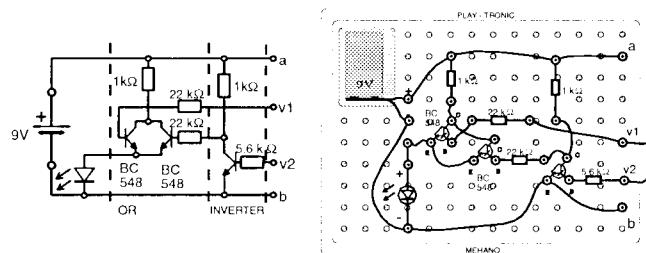
VHOD 1	VHOD 2	IZHOD OR	IZHOD NOR
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0



Slika 76

77. PRIMER SESTAVLJANJA LOGIČNIH FUNKCIJ

Predpostavimo, da imamo vezje, prikazano na spodnji sliki. Vezje je narejeno tako, da je v logičnem vezju OR pomen enega vhodnega signala obrnjen. Kakšna bo pravilnostna tabela za celotno vezje?



Slika 77

Za vezje OR je pravilnostna tabela že znana. Razširimo jo v tolikšni meri, da za vhod 1 dodatno ugotovimo, kakšen je signal na izhodu inverterja. Za signal na izhodu inverterja in signal na vhodu 2 sestavimo nato pravilnostno tabelo glede na tisto, kar je napisano v pravilnostni tabeli za vezje OR. Tako dobimo naslednjo pravilnostno tabelo:

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD INVERTERJA	IZHOD VEZJA
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1

Pravilnostna tabela za celotno vezje je torej takšna:

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Tukaj prikazano vezje je zelo enostavno. Lahko si mislite, da za zapletene logične funkcije potrebujemo tudi zelo zapletena logična vezja.

78. LOGIČNO BISTABILNO VEZJE

Spomnite se dveh zaporedno vezanih inverterjev: signal na izhodu vezja je bil enak signalu, ki ga je vezje imelo na vhodu. Če je to tako, bi lahko vhod in izhod vezja med seboj povezali. Potem je stanje signalov v vezju trdno ohranjeno.

Vključimo svetleči diodi v vezje tako, da sta pri vsakem izmed tranzistorjev povezani zaporedno z uporom $1k\Omega$ med pozitivni baterijski priključek in kolektor. Če vezje narišemo tako, da sta bazi tranzistorjev obrnjeni druga proti drugi, bomo dobili spodaj prikazani stikalni načrt. Na risbi se lepo vidi, da je baza enega izmed tranzistorjev preko upora priključena na kolektor drugega.

Kaj se zgodi, ko priključimo vezje na baterijsko napetost? Kljub temu da je leva polovica na videz enaka desni, to ni res. Čeprav sta tranzistorja istega tipa, nista popolnoma enaka. Enako velja tudi za upore, ki naj bi imeli med seboj enako upornost. Že zaradi proizvodnih postopkov dva upora, ki naj bi imela enako upornost, ne bosta čisto enaka. Zato ne moremo zagotovo vedeti, kateri tranzistor bo odprt, kateri pa zaprt. Označimo levi tranzistor T1, desnega pa T2. Naj bo po vključitvi na baterijsko napetost stanje takšno, da je tranzistor T1 odprt. Zaradi tega ta tranzistor predstavlja zelo majhno upornost. Kolektor tega tranzistorja je izhod napetostnega delilnika, ki ga tvorita tranzistor T1 in upor med njegovim kolektorjem in pozitivnim baterijskim priključkom. Upornost svetleče diode je za to obravnavo zanemarljiva. Zaradi majhne upornosti tranzistorja T1 bo na izhodu tega delilnika zelo majhna napetost. Ta majhna napetost ne bo mogla pognati toka v bazo tranzistorja T2, ki je zato zaprt in tako predstavlja veliko upornost.

Na desni strani vezja tranzistor T2 in upor (ter svetleča dioda, ki jo za to obravnavo lahko zanemarimo) med njegovim kolektorjem in

pozitivnim baterijskim priključkom tvorita napetostni delilnik, katerega izhod je na kolektorski sponki. Ker je tranzistor T2 zaprt in predstavlja veliko upornost, je napetost med emitorjem in kolektorjem velika. Zato v bazo tranzistorja T1 teče tok, ki ta tranzistor drži odprt. Skratka, sklenjeni krog, v katerem drži odprti tranzistor T1 tranzistor T2 zaprt. Seveda drži prav tako tranzistor T2 odprt tranzistor T1. Stanje v tem vezju je stabilno in če ga želimo spremeniti, je treba to narediti od zunaj.

Če bi bazo tranzistorja, ki je odprt, za hipec kratko sklenili z emitorjem, ne bi tok več tekel v bazo in bi bil tranzistor zaradi tega ta hip zaprt. Napetost na njegovem kolektorju naraste, pognan je tok v bazo drugega tranzistorja, ki zaradi zgoraj opisanega stanja ostane odprt. Če spet želimo prevreči stanje v vezju, je za hipec potrebno z maso oz. negativnim baterijskim priključkom skleniti bazo tranzistorja, ki je sedaj odprt.

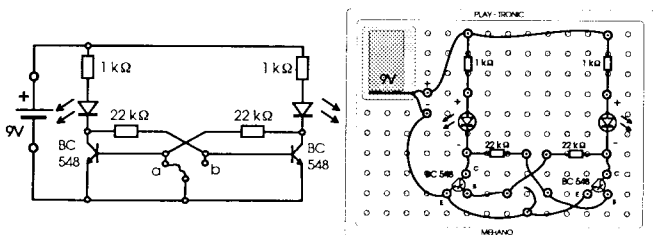
Naredite vezje, ki je prikazano na spodnji sliki. Ko priključite vezje na baterijsko napetost, bo ena svetleča dioda svetila, druga pa ne. Z žičko, ki je priključena na negativni baterijski priključek, se izmenično dotikajte sponk a in b. Enkrat bo svetila leva, drugič desna svetleča dioda. Ko se z žičko dotaknete baze tranzistorja, ki je trenutno odprt (svetleča dioda, priključena na njegov kolektor, sveti), njegova svetleča dioda ugasne in prižge se tista ob drugem tranzistorju.

V vezju smo stanje spremenili z zunanjim vplivom. Z njim smo sprožili proces spremembe stanja v vezju, zato ga imenujemo "proženje". V našem primeru smo prožili spremembo tako, da smo bazo trenutno odprtega tranzistorja za hipec kratko sklenili z maso.

Vezja, ki imajo zgradbo podobno tukaj opisani, imenujemo multivibratorji. Tukaj opisano vezje ima lahko dve različni, sicer pa enakovredni stabilni stanji. Zaradi tega pravimo, da je vezje "bistabilno". To vezje je torej bistabilni multivibrator. Strokovnjaki uporabljajo kar tuje ime, kajti prevajanje imen ni vedno smiselno. Bistabilni multivibrator bi lahko prevedli kot "dvoravnovesni večtreslajnik", kar bi najbrž pri že tako resnem poslušalcu privabilo

nasmeh na obraz...

Način delovanja bistabilnega multivibratorja je primeren in kot nalašč za vključevanje ter izključevanje naprav z dvema tipkama. Z eno tipko lahko napravo vključimo, z drugo pa jo izključimo. Podobne naprave ste najbrž že večkrat videli. V tukaj opisanem primeru bi lahko med sponko a in negativni baterijski priključek ter sponko b in negativni baterijski priključek kar vstavili tipki. Namesto upora $1k\Omega$ in zaporedno vezane svetleče diode si lahko predstavimo, da je tukaj vključeno navitje kakšnega releja, s katerim lahko nato vključimo veliko napravo.



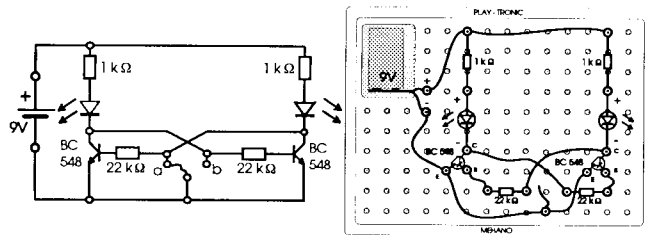
Slika 78

79. ŠE EN NAČIN PROŽENJA BISTABILNEGA MULTIVIBRATORJA

Stanje v bistabilnem multivibratorju lahko prevržete tudi na drugačen način. V tem primeru je vezje zelo podobno tistemu, ki smo ga ravnokar obravnavali. Razlika je le v proženju vezja. Vezje bo proženo takrat, ko z zunanjim vplivom zapremo trenutno odprt tranzistor ali odpremo trenutno zaprtega.

Z žičko se dotaknete kolektorja tistega tranzistorja, ki je trenutno zaprt in njegova svetleča dioda ne sveti. Zato bo na njem kratek stik. V bazo drugega tranzistorja bo nehal teči tok, zato se ta tranzistor

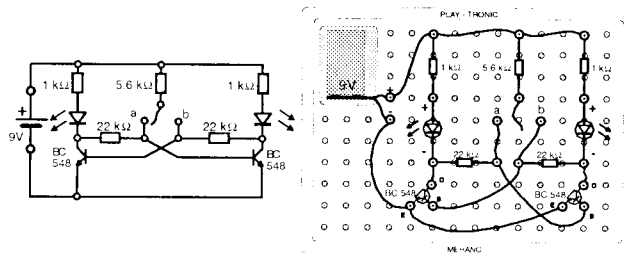
zapre in stanje vezja se prevrže.



Slika 79

80. PROŽENJA BISTABILNEGA MULTIVIBRATORJA S TOKOM V BAZO

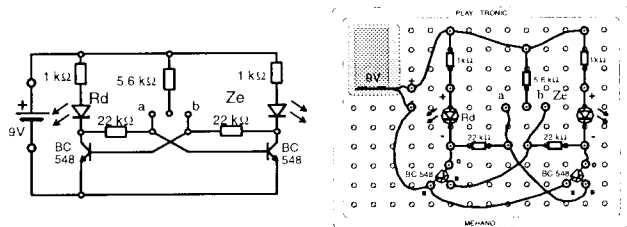
Stanje vezja lahko prevržemo tudi tako, da s pozitivnega baterijskega priključka preko upora pripeljemo tok v bazo tistega tranzistorja, ki je trenutno zaprt. Zato se ta tranzistor odpre in stanje vezja spremeni. Tukaj smo opisali tri različne načine spreminjanja stanja v takšnem vezju. Vsi načini so enako učinkoviti. Katerega uporabimo, je pač odvisno od zahtev, ki jih narekuje način uporabe vezja.



Slika 80

81. BISTABILNI MULTIVIBRATOR IN SENZORSKE TIPKE

V tem poskusu sprožimo bistabilni multivibrator tako, da v bazo tranzistorja pripeljemo tok neposredno s pozitivnega baterijskega priključka. To lahko naredimo tudi preko senzorskih tipk. Spomnite se, koža na prstu ima neko upornost!



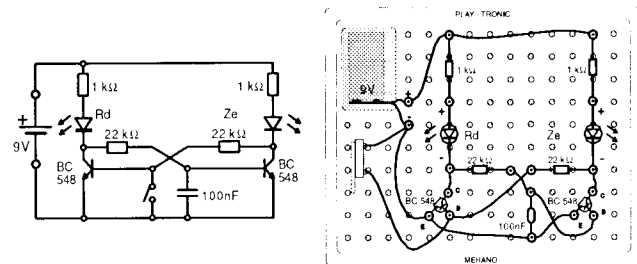
Slika 81

Postavite vzmetni sponki a in b tako, da je med njima vzmetna sponka, ki je povezana s pozitivnim baterijskim priključkom. Ko se s prstom dotaknete vzmetne sponke a oz. b in vmesne sponke, se bo stanje multivibratorja spremenilo. Rdeča in zelena svetleča dioda bi prav lahko pomenili: "naprava deluje" in "naprava miruje". Med pozitivnim baterijskim priključkom in srednjo senzorsko sponko je vstavljen upor. Ta je tukaj zato, da prepreči, da bi v bazo tranzistorja stekel prevelik tok, ki bi lahko tranzistor uničil. Če vezje kljub dotikanju senzorskih kontaktov ne bo spremenilo stanja, se poskusite dotakniti senzorjev z rahlo navlaženim prstom.

82. POMNILNIŠKO VEZJE

Bistabilni multivibratorji so v računalnikih lahko uporabljeni kot pomnilniška vezja. Stanje v vezju je zelo stabilno in se ne spremeni toliko časa, dokler tega ne povzroči kakšen zunanji vpliv.

Če bi bilo pomnilniško vezje narejeno kot zgoraj prikazan bistabilni multivibrator, bi imeli določene težave: pri bistabilnem multivibratorju ne vemo, v kakšno stanje se bo postavil, ko ga priključimo na napetost. To pomeni, da bi bilo v pomnilniku računalnika nekaj, za kar ne bi nikoli zagotovo vedeli, kaj je.



Slika 82

Če je kondenzator prazen, steče vanj električni tok in ga počasi napolni. Na praznem kondenzatorju ni napetosti. Napetost na njegovih sponkah začne naraščati šele takrat, ko se kondenzator začne polniti. Kondenzator je zagotovo prazen, če ni bil priključen na napetost.

Postavimo kondenzator med bazo in emiter tranzistorja v bistabilnem multivibratorju. Pri priključitvi vezja na baterijsko napetost (še prazen) kondenzator zagotovi, da tok, ki bi sicer lahko stekel v bazo tranzistorja, steče v kondenzator. Tudi če bi bilo vezje sicer nagnjeno k temu, da bi bil ta tranzistor odprt, to prepreči kondenzator.

Zaradi že opisanega dogajanja je zato odprt drugi tranzistor. Zato po priključitvi multivibratorja na baterijsko napetost vedno zasveti rdeča svetleča dioda.

Pritisnite tipko. Baza levega tranzistorja je kratko sklenjena na maso in zaradi tega je levi tranzistor zaprt. Rdeča svetleča dioda ugasne, zelena pa zasveti. To traja toliko časa, dokler ne odklopite baterije. Če pa želite pri priključenem vezju stanje spet spremeniti tako, da zasveti rdeča dioda, je za to treba multivibrator še enkrat sprožiti, in to tako, da je desni tranzistor zaprt. To lahko naredite npr. tako, da za hipec kratko sklenete kondenzator.

83. BISTABILNI MULTIVIBRATOR KOT DVOJIŠKI DELILNIK

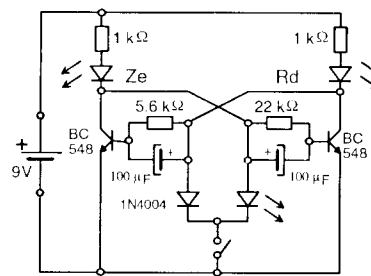
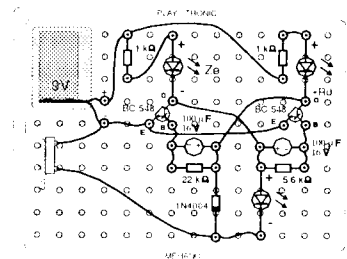
Spomnite se: stanje bistabilnega multivibratorja lahko prevržete tudi tako, da kolektor tranzistorja, ki je odprt, za hipec kratko sklenete z maso.

Na kolektorju odprtega tranzistorja je napetost mnogo nižja od tiste, ki je na kolektorju zaprtega tranzistorja. Zato bi lahko od kolektorja proti negativnemu baterijskemu priključku pri zaprtem tranzistorju skozi vzporedno postavljeno žico stekel večji tok.

Da bi spremenili stanje bistabilnega multivibratorja, ne smemo istočasno kratko skleniti obeh tranzistorjev, ker bomo sicer dobili tako stanje, ki je ob priključitvi vezja na baterijsko napetost.

Vemo, da dioda, priključena tako, da skozi njo teče električni tok, predstavlja majhno upornost. Narava delovanja diode je takšna, da je takrat upornost nič, ampak je takšna, da je na diodi napetost približno 0,6V. Vemo tudi, da predstavlja odprt tranzistor majhno upornost. Med kolektorjem in emitorjem je pri odprtem tranzistorju napetost že mnogo manjša od te, in ima kvečjemu kakšno desetinko volta. Če pri odprtem tranzistorju med kolektor in emitor priključite še diodo, to stanja v vezju ne prizadene, kajti tok še naprej teče skozi odprt tranzistor z manjšo upornostjo.

Vmimo se k našemu vezju. Na kolektorja obeh tranzistorjev sta



Slika 83

priključeni diodi s povezanima katodama. Ena izmed njiju je svetleča dioda. Večkrat pritisnite tipko! Stanje multivibratorja se ob vsakem pritisku na tipko spremeni. Ko namreč pritisnete tipko, tok lahko steče od kolektorske sponke tranzistorja skozi diodo v negativni baterijski priključek. Tok steče samo skozi tisto diodo, ki je priključena na kolektor zaprtega tranzistorja. Pri odprtem tranzistorju je napetost med kolektorjem in emitorjem manjša od napetosti, ki je potrebna, da bi skozi diodo oz. svetelečo diodo stekel električni tok. Zato pritisk na tipko vedno vpliva na vezje tako, da se odprti

tranzistor zapre in obratno.

Ob pritiskanju na tipko je lepo vidno, da se ob vsakem pritisku izmenično prižigata leva in desna svetleča dioda. Ista dioda se prižge ob vsakem drugem pritisku. Če bi šteli prižiganja ene diode in pritiske na tipko, je dioda prižgana dvakrat manj. To vezje torej lahko uporabimo za deljenje z 2. Izhodni signal takšnega delilnega vezja bi lahko uporabili za krmiljenje naslednjega ter tako dobili vezje, ki se deli s 4. S povezovanjem takšnih delilnih vezij v vrsto bi lahko dobili vezje, ki bo delilo z 2, 4, 8, 16, 32 itd.

Vezje za deljenje z dve je osnovni element vseh vezij, ki delijo. Z uporabo vezij, ki delijo z dve in logičnih vezij, ki so že bila opisana, lahko naredimo vezje, ki opravi deljenje s katerim koli številom.

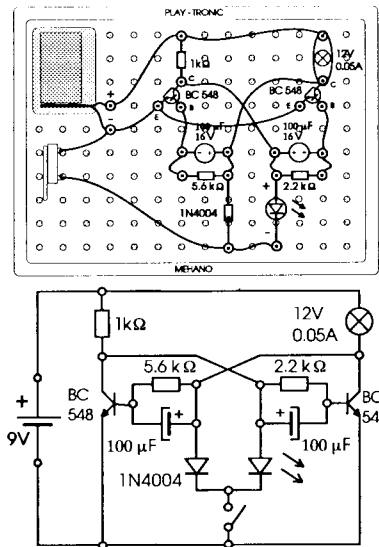
V vezju sta vzporedno z uporoma, priključenima na bazi tranzistorjev, dodana elektrolitska kondenzatorja. Kondenzatorja zagotavljata, da opravljena sprememba stanja tudi pri najkrajšem pritisku na tipko. Ob pritisku na tipko za hipec zasveti rdeča svetleča dioda. To je lahko signalizacija, da je prišlo do sproženja vezja. Namesto te diode bi lahko bila tudi navadna dioda, vendar imamo v našem kompletu na voljo dve navadni diodi in tri svetleče.

84. PRIŽIGANJE IN UGAŠANJE LUČI Z ENO TIPKO

Vezje, ki deli z dve, je uporabno tudi za številne "neračunalniške" načine uporabe. Lep primer uporabe je vezje, pri katerem lahko kakšno napravo vključimo in izključimo s pritiskom na eno tipko.

V tem primeru je prikazano, kako lahko s pritiskom na tipko prižigamo in ugašamo žarnico. Svetleča dioda signalizira pritisk na krmilno tipko.

Namesto žarnice lahko v vezje vključimo navitje releja, ki nato vključi ali izključi močnejšo napravo, npr. motor ventilatorja ali množico žarnic na stadionu...



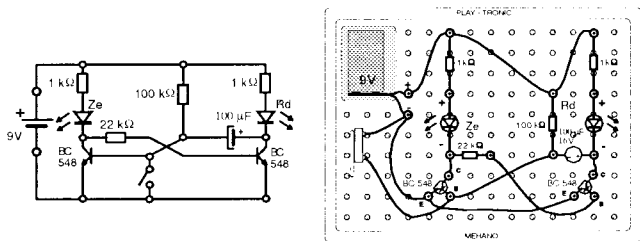
Slika 84

85. MONOSTABILNI MULTIVIBRATOR

Monostabilni multivibrator je vezje, ki ima samo eno stabilno stanje. Če s kakšnim zunanjim vplivom stanje v vezju spremenimo, se vezje čez nekaj časa samo od sebe vrne v stabilno stanje.

Ko vezje priključite na napetost, sveti zelena svetleča dioda. Desni tranzistor ima veliko upornost, zato je med kolektorjem in emitorjem visoka napetost. Ker je na bazi levega tranzistorja majhna napetost, je elektrolitski kondenzator nabit. Za hipec pritisnite tipko. Baza levega tranzistorja je kratko sklenjena z emitorjem, v bazo ni več toka in tranzistor se zapre. Na kolektorju tega tranzistorja je zato visoka

napetost in tok lahko steče v bazo desnega tranzistorja.



Slika 85

Stanje multivibratorja se prevrže. Desni tranzistor ima sedaj zelo majhno upornost in zato pozitivna sponka kondenzatorja preko njega priključena na negativni baterijski priključek. Sedaj teče v ta kondenzator s pozitivnega baterijskega priključka skozi upor $100\text{k}\Omega$ tok, ki ga polni. Zato napetost na negativni sponki kondenzatorja raste, vse dokler ni zadosti velika, da pože ne tok v bazo levega tranzistorja. Levi tranzistor se odpre in stanje v multivibratorju se vrne v prvotno stanje.

Monostabilni multivibrator bi lahko uporabili za kratkotrajno vključevanje (če uporabite desni) ali izključevanje (če uporabite levi tranzistor). Kdo bi lahko rekel, da smo vezja, s katerimi bi to lahko počeli, že obravnavali in da so enostavnejša. To je res. Prednost takšnih vezij z monostabilnim multivibratorjem pred tistimi, ki za delovanje izrabljajo polnjenje ali praznjenje kondenzatorja, je v tem, da se tukaj napetost na izhodu v hipu spremeni. To se vidi po tem, da svetleča dioda v trenutku zasveti ali ugasne. Pri prej opisanih vezjih se je napetost počasi spreminjala. Če se še spomnite, tam se je svetleča dioda počasi prižigala oz. ugašala.

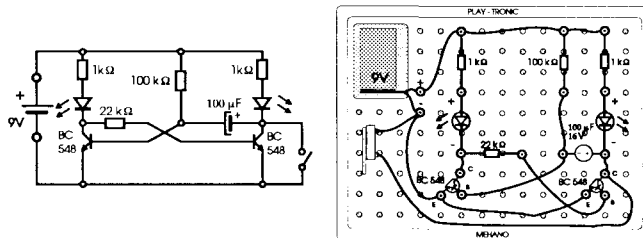
86. PROŽENJE MONOSTABILNEGA MULTIVIBRATORJA Z VPLIVOM NA KOLEKTORJU

Tako kot je bistabilni multivibrator moč prožiti na nekaj načinov, lahko tudi pri monostabilnem multivibratorju proženje opravimo na več načinov.

V tem primeru proženje opravimo na kolektorju desnega tranzistorja. V normalnem stanju je ta tranzistor zaprt. Zato je na njegovem kolektorju visoka napetost. Ker je na bazi tranzistorja največ $0,6\text{V}$, je elektrolitski kondenzator nabit.

Ko tipko pritisnete, je kolektor desnega tranzistorja kratko sklenjen z maso. Pozitivna elektroda elektrolitskega kondenzatorja bo na masi. Ker je bil kondenzator nabit, pomeni, da bo negativni kondenzatorski priključek sedaj na negativnem polu in je levi tranzistor v hipu zaprt. Sedaj začne skozi upor $100\text{k}\Omega$ teči tok v kondenzator.

Ko je napetost na negativni sponki kondenzatorja tako velika, da lahko steče tok v bazo levega tranzistorja, multivibrator spet spremeni stanje, ki je sedaj stabilno.



Slika 86

Svetleča dioda bo ugasnila. Pihnite v zvočnik ali pa po njegovi membrani narahlo potrkajte s prstom. Svetleča dioda zasveti in nato sveti še nekaj sekund.

89. REGULATOR SVETLOBE

Rekli smo že, da se tranzistor lahko uporabi kot spremenljivi upor, katerega upornost je odvisna od toka, ki teče v bazo. To lastnost zlahka uporabimo za spreminjanje napetosti, npr. v usmerniku.

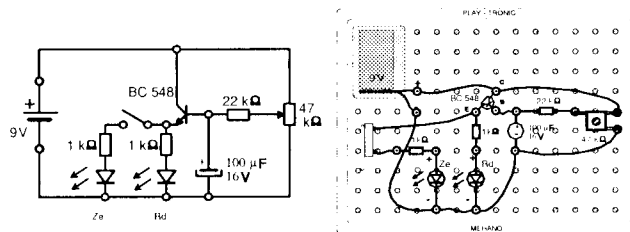
S potenciometrom v spodnjem vezju lahko nastavimo napetost med emitorjem in negativnim baterijskim priključkom. Omenili smo že, da se smer baza-emitor pri tranzistorju obnaša kot dioda, ki je obrnjena od baze proti emitorju. Če je tranzistor odprt, skozenj teče tok. Omenili smo že, da je na diodi, ki je priključena v prevodni smeri, napetost približno 0,6V. Enako velja tudi za tranzistor: pri odprtem tranzistorju je med bazo in emitorjem 0,6V.

Če je torej med bazo tranzistorja in negativnim baterijskim priključkom določena napetost, je med emitorjem in negativnim baterijskim priključkom napetost za 0,6V manjša. Če pri spodnjem vezju sučete os potenciometra, se na njem napetost spreminja med 0 in 9V. Istočasno je med emitorjem in negativnim baterijskim priključkom napetost za 0,6V manjša od tiste, ki je na drsniku potenciometra. Potenciometer ima precej veliko upornost, zato skozenj teče majhen tok. Skozi tranzistor lahko teče mnogo večji tok, ki je sicer določen z elementi, priključenimi med emitorsko sponko in negativnim baterijskim priključkom.

Tukaj sta med emitor in negativni baterijski priključek vezana upor 1kΩ in svetleča dioda. Vzemite kos žice in daleč od te diode postavite še en upor ter svetlečo diodo. Ko s tipko vključite to svetlečo diodo, se svetlost prve ne bo prav nič spremenila. To pomeni, da je ostala napetost med emitorjem in negativnim baterijskim priključkom nespremenjena. Ker teče sedaj skozi tranzistor večji tok (svetita dve diodi), napetost med kolektorjem in emitorjem pa se ni spremenila, pomeni to, da se je morala upornost tranzistorja

zmanjšati.

Če bi imeli namesto tranzistorja navaden upor, bi zaradi priključitve druge svetleče diode skozi ta upor stekel večji tok. Zaradi povečanega toka bo na tem uporu večja napetost, na svetleči diodi pa bi napetost nekoliko padla. Zato bi ob priključitvi druge svetleče diode svetlost prve nekoliko opešala.



Slika 89

To vezje je primerno za regulacijo napetosti. Pogosto takšno vezje, pri katerem je kolektor vezan na pozitivni baterijski priključek, med emitorjem in negativnim baterijskim priključkom pa imamo druge elemente vezja (npr. žarnico), imenujemo emitorski sledilnik. To je popolnoma ustrezno ime, kajti napetost na emitorju sledi spremembam napetosti na bazi in je od nje vedno manjša za 0,6V. Lep primer uporabe takšnega vezja bi bil npr. v regulatorju svetlosti žarnice.

90. ELEKTRIČNO STIKALO S HISTEREZO

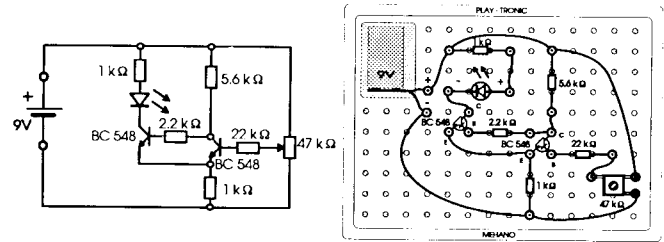
Naredite vezje prikazano na sliki 90. Vrtite os potenciometra levo-desno in opazujte, ob kateri legi osi potenciometra bo svetleča dioda ugasnila ali v kateri bo zasvetila. Zagotovo ste opazili, da sta ta dva položaja različna. Da bi svetleča dioda zasvetila, mora biti napetost

na drsniku potenciometra precej višja od tiste, pri kateri svetleča dioda ugasne.

Ker je napetost na drsniku potenciometra, pri kateri svetleča dioda zasveti, višja od tiste, pri kateri ugasne, lahko na potenciometru označimo ti dve točki. Obnašanje vezja pri sukanju potenciometra v eno smer ni enako tistemu, ko potenciometersko os sučemo nazaj. Takšen pojav, pri katerem se nekaj pri spremembi v eno smer razlikuje od tistega pri spremembi v drugo, imenujemo histereza. Zato tudi pravimo, da je to vezje pravzaprav električno stikalo s histerezo. Predpostavimo, da je drsnik potenciometra v takšnem položaju, da se dotika sponke, priključene na negativno baterijsko napetost. Zato v bazo desnega tranzistorja ne teče tok in ta je zaprt. Zato je na bazi levega tranzistorja visoka napetost. Vanjo skozi upor $5,6\text{k}\Omega$ teče tok in tranzistor je odprt. Svetleča dioda sveti.

Ko sučete os potenciometra tako, da napetost na drsniku počasi narašča, bo začel počasi naraščati tudi tok v bazo desnega tranzistorja. Tok skozi desni tranzistor bo začel naraščati, njegova upornost pa bo začela padati. V bazo levega tranzistorja tako teče nekaj manj toka. Zato začne tok skozi levi tranzistor zelo hitro padati, mnogo hitreje kot narašča tok skozi desni tranzistor. Ta tok teče skozi upor, ki je skupen za emitorja obeh tranzistorjev. Ker tok skozi desni tranzistor narašča počasneje kot pada tok skozi levi tranzistor, je celotni tok skozi ta upor padel in tudi napetost na njem bo padla. To je enako, kot če bi ta hip emitor desnega tranzistorja priključili na negativni baterijski priključek. Ker je napetost na drsniku potenciometra nespremenjena, bo desni tranzistor v hipu odprt, levi pa zaprt in svetleča dioda ne bo več svetila. Če os potenciometra vrtite v nasprotno smer, bo celotni pojav potekal v obratni smeri.

Strokovnjaki takšno vezje pogosto imenujejo Schmittov prožilnik ali Scmitt-trigger (trigger-angl. prožiti).



Slika 90

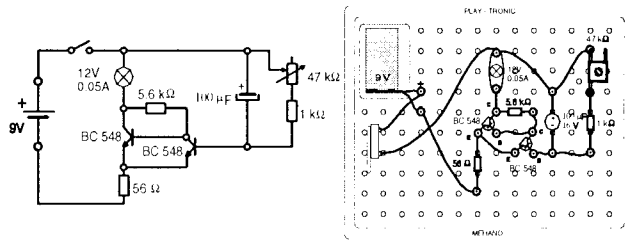
91. UTRIPAJOČA LUČ

V tem vezju je uporabljeno Schmittovo prožilno vezje. Ko skozi vezje teče velik tok, bo imelo vezje majhno upornost in obratno.

Ko vezje, prikazano na sliki 91 priključimo na baterijo, žarnica ne sveti.

Na začetku je elektrolitski kondenzator prazen. Skozi prazen elektrolitski kondenzator steče tok v bazo. Istočasno se zaradi tega toka kondenzator polni in na njegovih sponkah napetost narašča. To pomeni, da napetost med bazo in emitorjem počasi pada. V določenem trenutku je napetost med bazo in emitorjem tako nizka, da se prvi tranzistor zapre. Tako je sproženo dogajanje že omenjeno pri opisu stikala s histerezo oz. Schmittovega prožilnega vezja. Drugi tranzistor se odpre in skozi žarnico steče tok.

Ta tok steče tudi skozi upor 56Ω . Zaradi tega se na njem pojavi napetost. To tudi pomeni, da je napetost med bazo prvega tranzistorja in pozitivnim baterijskim priključkom manjša. Elektrolitski kondenzator se sedaj prazni skozi upor $1\text{k}\Omega$ in spremenljivi upor. Ko je ta napetost zadosti majhna (oz. ko je napetost med bazo in emitorjem prvega tranzistorja zadosti velika), se prvi tranzistor odpre in sproži se sprememba stanja v vezju. Žarnica ugasne.



Slika 91

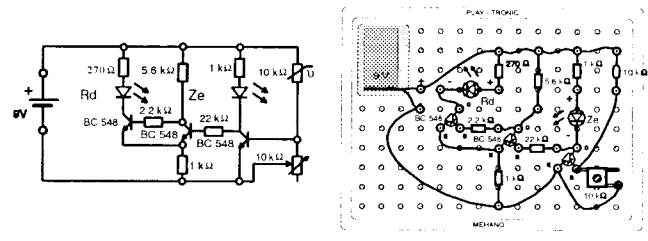
S spremenljivim uporom $47\text{k}\Omega$ lahko nastavimo hitrost praznjenja elektrolitskega kondenzatorja. To tudi pomeni, da se s tem spremenljivim uporom nastavi frekvenca delovanja celotnega vezja.

92. REGULACIJA DELOVANJA HLADILNIKA

Spomnite se temperaturno občutljivega stikala, že opisanega v tej knjigi. Podobno stikalo bi lahko uporabili tudi za krmiljenje delovanja hladilnika. Težava je v tem, da bi se pri že opisanem vezju vključevanje in izključevanje motorja hladilnika dogajalo praktično pri isti temperaturi. Zaradi tega bi bil motor hladilnika zelo pogosto vključen in izključen, kar za motor nikakor ni dobro.

V tem vezju sta združeni dve vezji: temperaturno občutljivo stikalo in električno stikalo s histerezo. Zasučite os potenciometra tako, da zelena svetleča dioda komajda brli. Rdeča svetleča dioda je ugasnjena. S prsti stisnite termistor ali pa vanj počasi pihajte toplo sapico. Zelena svetleča dioda sveti močneje in močneje, v nekem trenutku pa zasveti tudi rdeča svetleča dioda.

Pustite termistor, da se ohladi, ali pa ga vi ohladite s pihanjem.

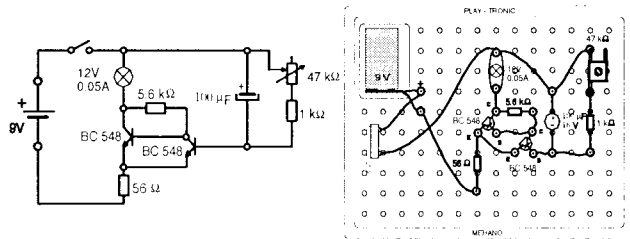


Slika 92

Svetloba zelene diode peša, kmalu pa ugasne tudi rdeča dioda. Od nastavitve osi potenciometra je odvisno, pri kateri temperaturi se vse skupaj dogaja. Zelena svetleča dioda s svojo svetlobo sporoča, da je temperatura začela naraščati. Namesto rdeče svetleče diode bi si lahko predstavljali rele, ki vključi motor hladilnika. Zaradi histereze se motor hladilnika vključi pri nekoliko višji temperaturi od tiste, pri kateri se izključi, kar je tudi prav. Če doma poslušate, kako deluje motor v vašem hladilniku, opazite, da se običajno vključi občasnno, deluje nekaj časa in se nato izključi. Temperatura v hladilniku je zato padla za kakšno stopinjo. Ko temperatura v hladilniku malenkost naraste, se motor spet vključi.

93. STOPNIŠČNI AVTOMAT

V tem vezju je uporabljeno Schmittovo prožilno vezje iz prejšnjega primera. Zakaj je to vezje boljše od tistega, ki smo ga že uporabljali za kratkotrajno vključitev naprave? Tam je napetost na izhodu počasi padala, v tem vezju pa je napetost konstantna in nato v hipu pade. Zato tudi svetleča dioda sveti enako močno ves čas, ko je vključena. V predhodnem primeru smo za preizkušanje delovanja vezja vzeli potenciometer.



Slika 91

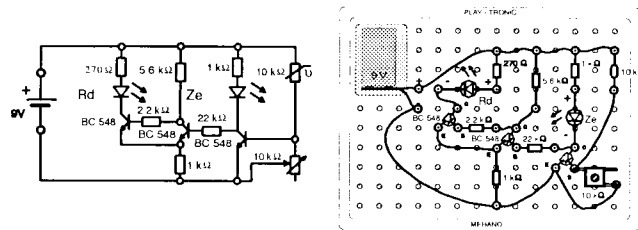
S spremenljivim uporom $47\text{k}\Omega$ lahko nastavimo hitrost praznjenja elektrolitskega kondenzatorja. To tudi pomeni, da se s tem spremenljivim uporom nastavi frekvenca delovanja celotnega vezja.

92. REGULACIJA DELOVANJA HLADILNIKA

Spomnite se temperaturno občutljivega stikala, že opisanega v tej knjigi. Podobno stikalo bi lahko uporabili tudi za krmiljenje delovanja hladilnika. Težava je v tem, da bi se pri že opisanem vezju vključevanje in izključevanje motorja hladilnika dogajalo praktično pri isti temperaturi. Zaradi tega bi bil motor hladilnika zelo pogosto vključen in izključen, kar za motor nikakor ni dobro.

V tem vezju sta združeni dve vezji: temperaturno občutljivo stikalo in električno stikalo s histerezo. Zasučite os potenciometra tako, da zelena svetleča dioda komajda brli. Rdeča svetleča dioda je ugasnjena. S prsti stisnite termistor ali pa vanj počasi pihajte toplo sapico. Zelena svetleča dioda sveti močneje in močneje, v nekem trenutku pa zasveti tudi rdeča svetleča dioda.

Pustite termistor, da se ohladi, ali pa ga vi ohladite s pihanjem.



Slika 92

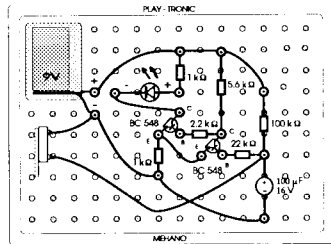
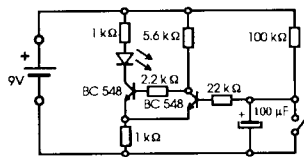
Svetloba zelene diode peša, kmalu pa ugasne tudi rdeča dioda.

Od nastavitve osi potenciometra je odvisno, pri kateri temperaturi se vse skupaj dogaja. Zelena svetleča dioda s svojo svetlobo sporoča, da je temperatura zažela naraščati. Namesto rdeče svetleče diode bi si lahko predstavljali rele, ki vključi motor hladilnika.

Zaradi histereze se motor hladilnika vključi pri nekoliko višji temperaturi od tiste, pri kateri se izključi, kar je tudi prav. Če doma poslušate, kako deluje motor v vašem hladilniku, opazite, da se običajno vključi občasno, deluje nekaj časa in se nato izključi. Temperatura v hladilniku je zato padla za kakšno stopinjo. Ko temperatura v hladilniku malenkost naraste, se motor spet vključi.

93. STOPNIŠČNI AVTOMAT

V tem vezju je uporabljeno Schmittovo prožilno vezje iz prejšnjega primera. Zakaj je to vezje boljše od tistega, ki smo ga že uporabljali za kratkotrajno vključitev naprave? Tam je napetost na izhodu počasi padala, v tem vezju pa je napetost konstantna in nato v hipu pade. Zato tudi svetleča dioda sveti enako močno ves čas, ko je vključena. V predhodnem primeru smo za preizkušanje delovanja vezja vzeli potenciometer.



Slika 93

V tukajšnjem primeru pa je na vohu vezja elektrolitski kondenzator, ki se polni skozi upor $100\text{k}\Omega$. Ko je kondenzator poln, se desni tranzistor odpre in vezje izključi. Pritisnite tipko. Desni tranzistor je v hipu zaprt. Svetleča dioda sveti.

Kondenzator se začne počasi polniti. Ker napetost na njegovih sponkah raste, začne naraščati tudi tok v bazo prvega tranzistorja. To sproži dogajanja, ki so že opisana pri predstavi prejšnjega vezja. Čez nekaj časa se bo stanje v vezju spremenilo in svetleča dioda ugasne.

94. SIMETRIČNI NESTABILNI MULTIVIBRATOR

Včasih potrebujemo signal, pri katerem se izmenično prižgeta dve lučki. Lep primer takšne signalizacije je svetlobni signal, ki ga vidimo pred spuščeni zapornicami na križišču ceste in železniških tirov.

Spodaj prikazano vezje je primer, kako naredimo takšno signalizacijo. Takšno vezje imenujejo strokovnjaki nestabilni multivibrator.

Kako to vezje deluje? Zaradi lažje obravnave so upori označeni s simboli R_1 , R_2 , R_3 in R_4 , kondenzatorja sta C_1 in C_2 , tranzistorja T_1 in T_2 ter svetleči diodi D_1 in D_2 . Pri pojasnjevanju delovanja si dobro pogledjte prikaz vezja na sliki 94.

Predpostavimo, da smo vezje priključili na napetost. Čeprav je leva polovica sheme vezja enaka desni, v naravi ni dveh elementov, ki sta popolnoma enaka. Zato predpostavimo, da ob priključitvi vezja na baterijsko napetost tokovi tečejo tako, da v bazo tranzistorja T_1 steče nekaj več električnega toka kot v bazo tranzistorja T_2 . Zato bo T_1 odprt. Napetost med kolektorjem in emitorjem T_1 je zelo majhna. Leva svetleča dioda sveti. Skozi upor R_2 teče električni tok, ki polni elektrolitski kondenzator C_1 . Istočasno je tranzistor T_2 zaprt in si ta hip lahko mislimo, da ga v vezju ni. Zato je desna sponka kondenzatorja C_2 preko upora R_4 in svetleče diode priključena na pozitivni baterijski priključek, leva sponka pa na bazo T_1 . C_2 se zato polni tako, da je pozitivna napetost na desni strani kondenzatorja.

Po določenem času je kondenzator C_1 tako poln, da steče tok v bazo tranzistorja T_2 . Zato se ta tranzistor odpre in ima majhno upornost. Napetost med kolektorjem in emitorjem tranzistorja T_2 je praktično nič. Napetost na levi sponki kondenzatorja C_2 je nižja od tiste na desni. Ta napetost je sedaj za tranzistor T_1 tako nizka, da v hipu neha teči tok v njegovo bazo. Tranzistor T_1 je sedaj zaprt, T_2 pa odprt, zato desna svetleča dioda sveti. Kondenzator C_2 se sedaj polni skozi upor R_3 tako, da je leva sponka pozitivna. C_1 pa se polni skozi upor R_1 in diodo, torej je tudi njegova leva sponka pozitivna. Skratka, vlogi tranzistorjev sta sedaj obratni od tistih, ki sta ju imela v prejšnjem primeru.

Postopek se nenehno ponavlja, zato diodi D_1 in D_2 izmenično svetita. Za primer takšnega vezja lahko približno izračunamo tudi čas, v katerem svetleči diodi svetita. Leva svetleča dioda oz. D_1 sveti približno

$$t_1 = 0,7 \times C_1 \times R_2$$

desna pa

$$t_2 = 0,7 \times C_2 \times R_3$$

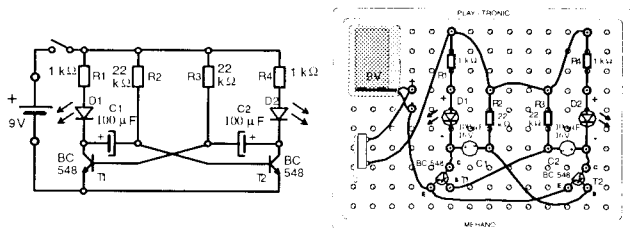
Če sta leva in desna polovica vezja enaki, svetita obe diodi enako dolgo. Iz risbe je razvidno, da imata kondenzatorja kapacitivnost 100μF oz. 0,0001F, ustrezna upora pa upornost 22kΩ oz. 22000Ω. Te vrednosti vstavimo v enačbo in dobimo približen čas, v katerem sveti vsaka izmed diod

$$t=0,7 \times 0,0001 \times 22000$$

oziroma

$$t=1,54 \text{ s}$$

Vsaka izmed svetlečih diod torej sveti približno eno sekundo in pol.



Slika 94

95. SPREMEMBA NAČINA DELOVANJA NESTABILNEGA MULTIVIBRATORJA

Omenili smo že, da leva in desna svetleča dioda svetita enako dolgo le, če je leva polovica vezja enaka desni. Predpostavimo, da sta elektrolitska kondenzatorja enaka. Če spreminjate dva srednja upora, se izrazito spreminja čas vključitve posamesnih diod. Zgoraj smo

zapisali, da diodi svetita določen čas, ki je

$$t1=0,7 \times C \times R2$$

in

$$t2=0,7 \times C \times R3$$

Če sta kondenzatorja enaka, svetleči diodi svetita skupaj

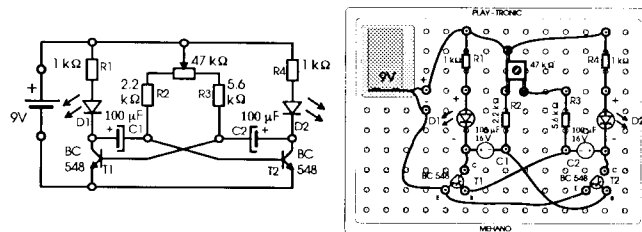
$$t= t1+t2$$

oziroma

$$t=0,7 \times C \times R2+0,7 \times C \times R3$$

Tako je skupni čas delovanja

$$t=0,7 \times C \times (R2+R3)$$



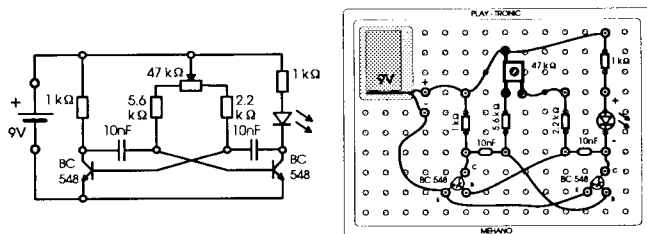
Slika 95

V tukajšnjem vezju je upor R2 pravzaprav upor $2,2\text{k}\Omega$ in del upornosti potenciometra med levim priključkom in drsnikom, upor R3 pa je upor $5,6\text{k}\Omega$ in del upornosti potenciometra med desnim priključkom in drsnikom. Zato je skupna upornost uporov R3+R2 vedno enaka, ne glede na to, kako je postavljen drsnik potenciometra. To pomeni, da lahko z vrtenjem osi potenciometra določimo razmerje med časoma, ko posamezni diodi svetita, skupen čas delovanja obeh svetlečih diod pa ostaja nespremenjen.

96. REGULATOR SVETLOBE Z MULTIVIBRATORJEM

V tej knjigi smo že opisali regulator svetlobe. V njem smo svetlost žarnice regulirali tako, da smo spreminjali napetost na sponkah žarnice. Takšnega načina uravnavanja svetlosti ne moremo uporabiti za luči, ki ne delujejo pri nizki napetosti. Lep primer takšnih svetilk so luči s fluorescenčnimi cevmi. Pri takšnih lučeh lahko izrabljamo njihovo lastnost, da se potem, ko jih ugasnemo, lahko znova prižgejo, če le čas med ugašanjem in prižiganjem ni prevelik.

Predpostavimo, da takšno luč zelo hitro prižgemo in ugasnemo. V tem primeru zaradi narave človekega očesa sploh ne zaznamo, da je bila luč ugasnjena. Določimo čas med dvema izklopoma luči. Če v tem času spreminjamo dolžino gorenja luči, imamo občutek, da spreminjamo svetlost luči.



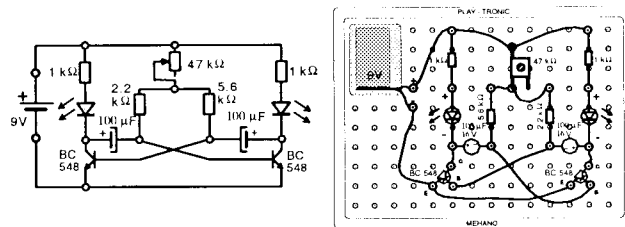
Slika 96

V ta namen uporabimo multivibrator, opisan v prejšnjem poskusu. Čas med dvema ugašanjema svetleče diode ne sme biti tako dolg kot v zgornjem primeru. Zato vzemite namesto kondenzatorjev $100\mu\text{F}$ kondenzatorja s kapacitivnostjo 10nF . Kapacitivnost teh kondenzatorjev je desettisočkrat manjša in svetleča dioda utripa tisočkrat hitreje, zato utripanja diode sploh ne zaznate. Ko vrtno os potenciometra levo-desno se dolžina gorenja svetleče diode spreminja in imate občutek, da se svetlost svetleče diode spreminja.

97. SPREMEMBA FREKVENCE DELOVANJA NESTABILNEGA MULTIVIBRATORJA

Hitrost oz. frekvenco delovanja nestabilnega multivibratorja lahko spreminjate tako, da spreminjate enega ali oba srednja upora v multivibratorju. Če želite spremeniti frekvenco delovanja, je treba istočasno spreminjati vrednost obeh srednjih uporov. To lahko poenostavimo tako, da ta dva upora delno združimo. Tako dobimo vezje, prikazano na sliki 97.

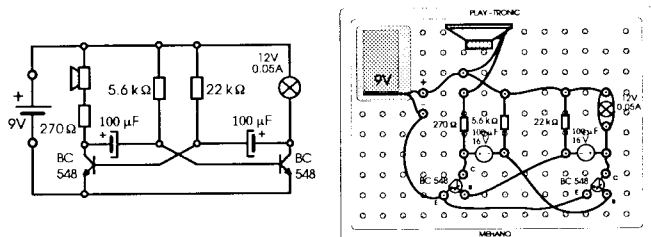
Če os potenciometra sučete levo-desno, se frekvenca delovanja multivibratorja spreminja, razmerje časov gorenja obeh svetlečih diod pa bo ostalo nespremenjeno.



Slika 97

98. AVTOMOBILSKA UTRIPAJOČA LUČ

Z multivibratorjem lahko naredimo vezje, ki ga uporabimo za prižiganje žarnic v smernih kazalcih. Ker mora voznik vedeti, da so smerni kazalci vključeni, je v avtomobilih običajno še zvočna signalizacija delovanja. V ta namen je v tukaj prikazanem vezju še zvočnik, iz katerega se slišijo rahli poki v ritmu prižiganja žarnice.



Slika 98

99. NASTAVITEV HITROSTI DELOVANJA AVTOMOBILSKIH BRISALCEV

Nekateri avtomobili imajo možnost nastavitve hitrosti delovanja vetrobranskih brisalcev. Če ne dežuje zelo močno, je to zelo praktično. Če je dež zelo rahel, steklo ne bo vlažno in brisalci drgnejo po skorajda suhem steklu. Zaradi tega poskakujejo in oddajajo neprijeten zvok.

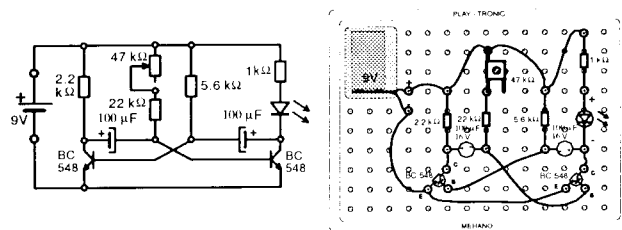
Če ste opazovali delovanje brisalcev, ste najbrž že ugotovili, da je čas, ki ga potrebujejo brisalci za en "sprehod" čez vetrobransko steklo, določen. Ta čas mora biti motor brisalcev vključen. Čas med dvema zaporednima vklučitvama pa je lahko poljuben.

Za nastavev presledka med dvema vklučitvama motorja brisalcev

lahko uporabimo astabilni multivibrator, pri katerem spreminjamo enega izmed srednjih uporov.

Drugi srednji upor je izbran tako, da ohranja brisalce vključene ravno toliko časa, da preletijo vetrobransko steklo levo-desno. Ko sučete os potenciometra levo-desno, se spreminja dolžina časovnega presledka med dvema preletoma brisalcev.

Namesto svetleče diode in upora $1k\Omega$ je lahko v vezje vključeno navitje releja, ki nato vključuje motor brisalcev.



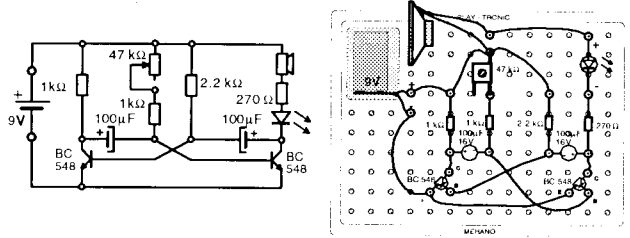
Slika 99

100. ELEKTRONSKI METRONOM

Če ste se kdaj resneje ukvarjali z glasbo, potem veste, kako je v glasbi pomemben ritem. Med vajo uporabljajo glasbeniki metronom, ki jim s tiktakanjem daje ritem. Hitrost delovanja metronoma je nastavljiva, saj ni vseeno, ali se pripravljamo na poskočno polko ali počasni valček.

V tukajšnjem primeru smo za izdelavo metronoma uporabili nestabilni multivibrator. Za razliko od klasičnih metronomov, ki oddajajo samo ritmično tiktakanje, ta metronom istočasno oddaja tudi svetlobni signal. Zato ga lahko opazujemo od daleč ali pri zelo glasni

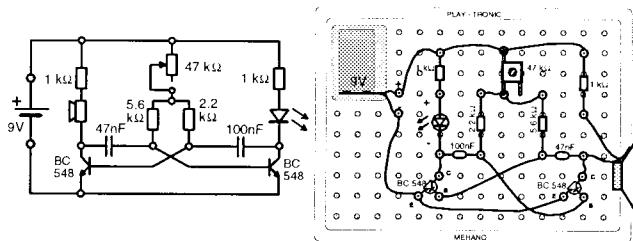
glasbi, ki sicer preglasi tiktakanje metronoma.



Slika 100

101. MULTIVIBRATOR IN ZVOČNIK KOT BRENČALO

S primerno izbiro kondenzatorjev in uporov lahko naredimo takšen multivibrator, da niha na frekvenci, ki jo slišimo. Pri enem tranzistorju med kolektor in pozitivni baterijski priključek vstavimo zaporedno vezan zvočnik in upor. Če imate občutek, da je zvok iz zvočnika pretih, lahko upor $1k\Omega$ zamenjate z uporom $270\ \Omega$.

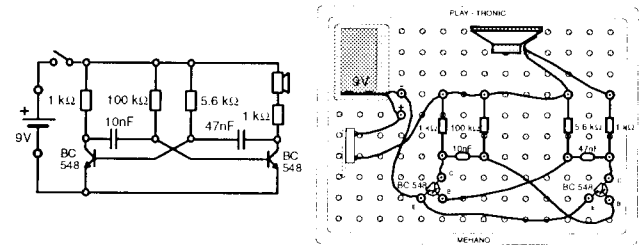


Slika 101

Pritisnite tipko. Zasučite os potenciometra tako, da iz zvočnika zaslišite zvok, ki vam najbolj ustreza.

102. BRENČALO ZA UČENJE TELEGRAFIJE

Morsejeva telegrafija je bila svoj čas edina oblika pošiljanja sporočil na daljavo. Zaradi takratne pomembnosti so telegrafijo poimenovali po ustanovitelju telegrafske abecede in izumitelju Samuelu Morseju.



Slika 102

Tabela Morse znakov:

A	· -	J	· - - -	S	· · ·	1	· - - - -
B	- · · ·	K	- · -	T	-	2	· · - - -
C	- · · -	L	· · · ·	U	· · -	3	· · · - -
D	- · ·	M	- -	V	· · · -	4	· · · · ·
E	·	N	- ·	W	· - -	5	· · · · ·
F	· · · ·	O	- - -	X	- · - -	6	- · · · ·
G	- - -	P	· · · ·	Y	- - - -	7	- - - · ·
H	· · · ·	Q	- - - -	Z	- - · ·	8	- · · · ·
I	· ·	R	· · ·			9	- - - · ·
						0	- - - - -

Z napredkom tehnike je telegrafija precej izgubila pomen. Med radioamaterji pa je, kljub napredku tehnike, še vedno pomembna.

Če vas radioamaterstvo zanima, morda ne bo odveč, če se naučite morsejeve abecede. Za učenje telegrafije potrebujete brenčalo. Kot brenčalo lahko uporabite tudi multivibrator. Pri brenčalu za učenje telegrafije potenciometer za nastavitev višine zvoka ni pomemben. Tipka, s katero multivibrator priključite na napajanje, lahko služi za tipkanje morsejevih znakov.

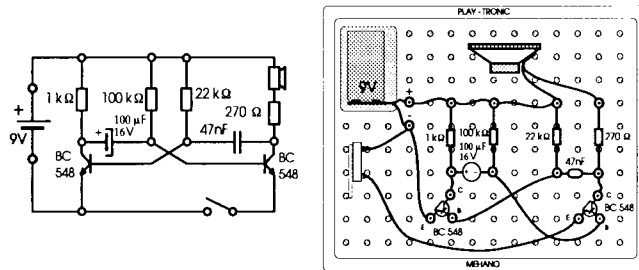
Morsejevi znaki so navedeni v zgornji tabeli.

Pri tipkanju se držite pravil, da je vsaka črtica dolga tako kot tri pike, med posameznimi deli znaka (črticami in/ali pikami) je za eno dolžino pike presledka, med posameznimi znaki pa je presledek dolg enako kot tri pike.

103. RAGLJA

Pri raglji si v enakih časovnih presledkih sledijo poki. V našem primeru bomo za oponašanje zvoka raglje uporabili nestabilni multivibrator, pri katerem bo delovanje enega tranzistorja ponazarjalo pok, delovanje drugega pa časovni presledek med dvema pokoma. Zato je v tukaj prikazanem vezju desni kondenzator keramičen, levi pa elektrolitski. Tako je razmerje časov, v katerih sta odprta levi in desni tranzistor, kar nekaj sto.

Ko nestabilni multivibrator priključimo na napetost, vedno mine nekaj časa, dokler se kondenzatorji ne nabijejo in vezje ne začne delovati. Da bi multivibrator deloval tako, kot to želimo takoj po pritisku na tipko, je v tukajšnjem vezju prikazano drugačno vključevanje multivibratorja. Ko pritisnete tipko, se iz zvočnika takoj zasliši ponavljajoče se pokanje, kot bi slišali ragljo.

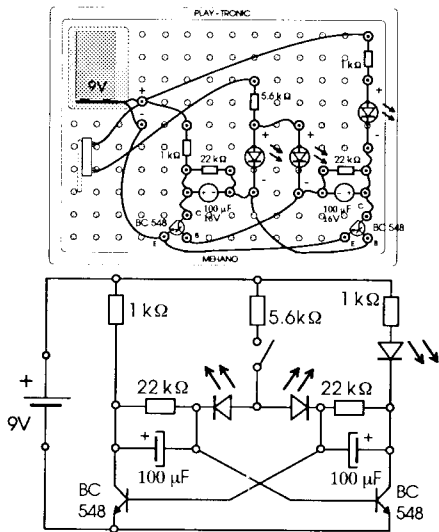


Slika 103

104. IZMENIČNO VKLJUČEVANJE IN IZKLJUČEVANJE NAPRAVE

Predstavljajte si, da uporabljate v tovari stiskalnico. Včasih je potrebno, da je stiskalnica odprta, včasih pa zaprta. Med proizvodnim procesom pa stiskalnica deluje in se nenehoma odpira in zapira. Krmilno vezje mora biti takšno, da omogoča stabilno stanje v obeh končnih položajih, mora pa omogočati tudi izmenjavanje krajnjih položajev.

V tem primeru (ravno tako kot v prejšnjem) uporabimo bistabilni multivibrator kot vezje, ki deli z dve. V tem primeru s pritiskom na tipko sprožimo tok iz pozitivnega baterijskega priključka v bazo tranzistorja, ki je trenutno zaprt. Zaradi tega se stanje vezja spremeni. Če je tipka sklenjena, vezje spominja na nestabilni multivibrator. To je tudi res. Če držite tipko pritisnjeno, začne žarnica utripati. Ko tipko spustite, utripanje preneha. Pritisk na tipko, ki je krajši od časa, v katerem je tranzistor v nestabilnem multivibratorju odprt, samo prevrže stanje multivibratorja.

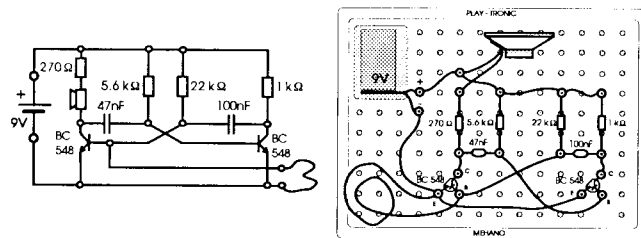


Slika 104

105. ELEKTRONSKI STRAŽAR Z ZVOČNO SIGNALIZACIJO

Spomnite se elektronskega stražarja, že opisanega v tej knjigi. Takrat se je ob sprožitvi alarma samo prižgala svetleča dioda. V tem primeru se ob sprožitvi alarma sliši zvok.

Vežje je pravzaprav nestabilni multivibrator, ki deluje pri frekvenci, ki jo lahko slišimo. V vežje je vstavljena žična prevezava, ki med bazo in emitorjem enega izmed tranzistorjev povzroča kratak stik. Ko je ta žična povezava prekinjena, začne multivibrator z delovanjem in iz zvočnika se sliši zvok. Kratkostična prevezava je nalašč narejena na levem tranzistorju. Zaradi kratkostične prevezave je drugi tranzistor odprt.



Slika 105

Med kolektorjem in pozitivnim baterijskim priključkom je upor $1\text{k}\Omega$. Na levi strani pa sta med kolektorjem in pozitivnim baterijskim priključkom upor 270Ω in zvočnik, ki ima upornost le nekaj ohmov. Zaradi tega bi skozi levi tranzistor, če bi bil ta vedno odprt, stekel večji tok kot skozi desnega. Baterija bi bila torej prej prazna. Ker ne vemo, kdaj lahko pričakujemo alarm, je smiselno, da varčujemo z energijo v bateriji.

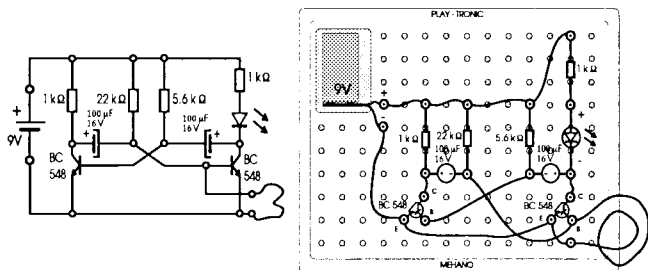
Sedaj lahko sami naredite alarm, ki vas opozori, da so vrata odprta. Takšne alarme lahko vidite v trgovinah. Ko stranka odpre vrata in vstopi v trgovino, se sliši zvočni signal, ki utihne, ko se vrata ponovno zapro.

Na podboj vrat pritrdite hermetičen kontaktnik tako, da je zelo blizu vrat. Na vrata pa pritrdite magnet. Ko sta zaradi bližine magneta kontakta sklenjena, je alarm izključen. Ko nekdo odpre vrata, se bosta kontakta v hermetičnem kontaktniku razklenila, vežje začne delovati in iz zvočnika se sliši zvok.

106. ELEKTRONSKI STRAŽAR S SVETLOBNO SIGNALIZACIJO

V tem primeru bo alarm javljen z utripajočo lučjo. Uporabljeno vežje je v principu podobno predhodnemu. Ker utripanje predstavlja nizko

frekvenco, je ta multivibrator narejen tako, da deluje na zelo nizki frekvenci. Zato sta v vezju uporabljena elektrolitska kondenzatorja. Način sprožitve alarma je enak kot v predhodnem vezju.



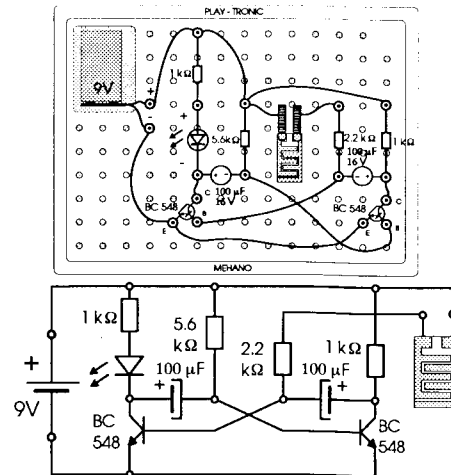
Slika 106

107. SVETLOBNI ALARM ZA JAVLJANJE VLAGE

Pri tukaj prikazanem alarmu je zaporedno z desnim srednjim uporom priključeno tipalo za vlago. Ko je tipalo suho, predstavlja veliko upornost in skozenj ne teče električni tok.

Ko je tipalo vlažno, njegova upornost pade in skozenj lahko steče električni tok, ki je dovolj velik, da začne multivibrator delovati. Svetleča dioda, ki je v kolektorskem tokokrogu levega tranzistorja, začne utripati.

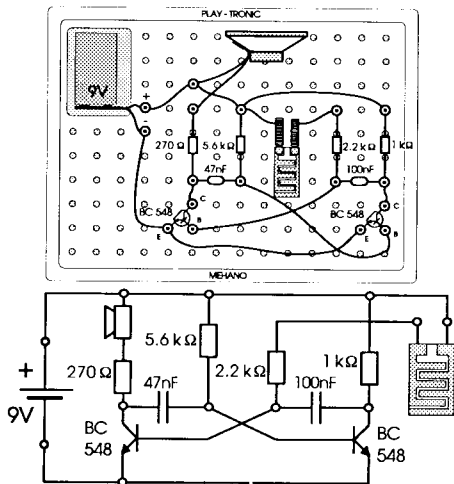
Alarm seveda ne deluje, če imamo opravka s tekočinami, ki ne prevajajo električnega toka.



Slika 107

108. ZVOČNI ALARM ZA JAVLJANJE VLAGE

V prejšnjem vezju zamenjajte svetlečo diodo in upor $1k\Omega$ z zvočnikom in kondenzatorja s kapacitivnostjo $100\mu F$ s kondenzatorjema $47nF$ in $100nF$. Tako boste dobili alarm, ki se bo takrat, ko bo tipalo za vlago vlažno, javil z zvočnim alarmom.



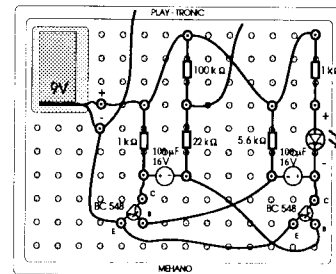
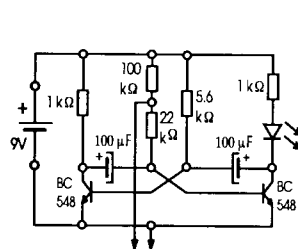
Slika 108

109. ČUVAJ ROŽ

Ljubitelji rož dobro vedo, kako pomembno je ob pravem času rože zalivati. Preveč zalivanja tudi ni dobro, kajti preveč vlage običajno škoduje koreninam rastlin.

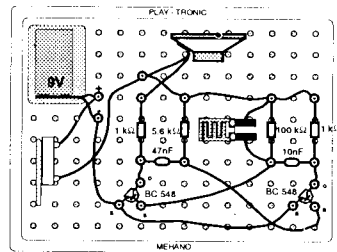
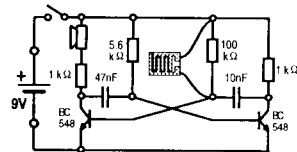
Vezje, prikazano na risbi, z utripanjem svetleče diode sporoči, da je zemlja v loncu suha in da jo je treba zaliti.

Vezje je pravzaprav nestabilni multivibrator, ki mu z dodatnim uporom preprečimo, da bi deloval. Ta upor je upor med dvema žicama, vtaknjenima v zemljo. Ko bo zemlja suha, bo upor med temi žicami velik, zato ne bo motil delovanja multivibratorja. Multivibrator bo začel delovati. Na začetku bo utripanje svetleče diode počasno. Ko se bo zemlja sušila, bo hitrost utripanja naraščala proti maksimalni vrednosti.



Slika 109

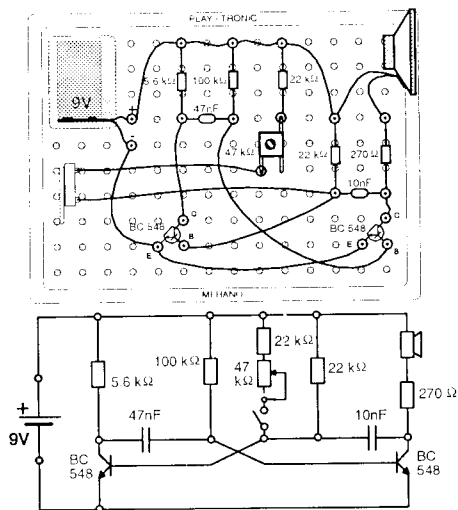
110. AKUSTIČNA IGRAČA



Slika 110

Majhni otroci zelo uživajo v igri z igračkami, ki oddajajo zvok, zato so ropotuljice, igrače s piščalkami, bobni ipd. med otroki tako priljubljeni. Verjetno bi bila tudi tukaj opisana igračka otrokom všeč. To je pravzaprav nestabilni multivibrator, ki deluje na takšni frekvenca, ki jo lahko slišimo. Vzporedno z enim izmed uporov, ki določajo način delovanja nestabilnega multivibratorja, je vezano tipalo za vlago. Če to tipalo pritisnete s prstom ali roko, se njegova

upornost spreminja. Po pritisku na tipalo za vlago njegova upornost pade. Vzporedna vezava upora $100\text{k}\Omega$ in čutila za vlago ima zato manjšo upornost. Frekvenca multivibratorja je narasla. S pritiskanjem in držanjem čutila za vlago lahko iz te "igračice" izvabite zelo zanimive zvoke.



Slika 111

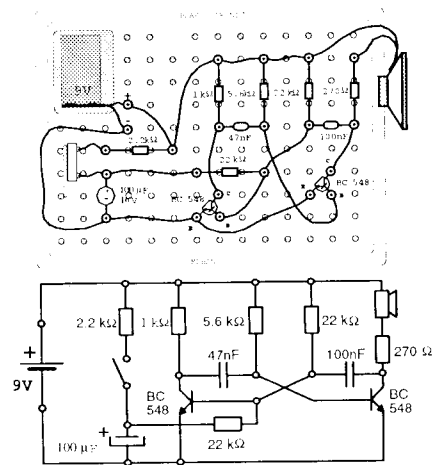
111. DVOTONSKA ALARMNA SIRENA

Verjetno ste že imeli priložnost slišati dvotonsko alarmno sireno. V našem primeru je to nestabilni multivibrator, ki mu lahko spreminjamo frekvenco. V ta namen lahko enemu izmed uporov, ki določajo frekvenco delovanja, s pritiskom na tipko vzporedno dodamo še en

upor. Zaradi tega je na tem mestu upornost manjša in frekvenca multivibratorja naraste.

Upor, ki ga s tipko dodajamo v vezje, je sestavljen iz zaporedne vezave upora $22\text{k}\Omega$ in potenciometra. Ko je tipka pritisnjena, lahko z vrtenjem osi potenciometra nastavite višji ton tako, da vam razmerje višjega in nižjega tona ustreza.

Upor $22\text{k}\Omega$ uporabljamo zato, da ne bi zmanjšali upornosti spremenljivega upora na nič. V takšnem primeru bi v bazo levega tranzistorja stekel zelo velik tok, ki bi tranzistor lahko trajno poškodoval.



Slika 112

112. ALARMNA SIRENA

Na gasilskih tovornjakih so pogosto pritrjene sirene z zavijajočim zvokom. Tam je sirena narejena na elektromotorni pogon. Na spod-

napetost na odcepu napetostnega delilnika padati. V bazo prvega tranzistorja teče vse manjši tok. Tranzistor se počasi zapre, njegova upornost raste. Zaradi tega je vpliv na multivibrator vse manjši in začne delovati. Najprej je frekvenca delovanja nizka, z dodatnim padcem temperature pa se zvišuje. Nižja je temperatura, višji je zvok. Med kolektorjem prvega tranzistorja in uporom $1k\Omega$ je svetleča dioda. Za delovanje vezja ni potrebna. Lahko pa služi kot svetlobna indikacija temperature. Ko začne temperatura padati, začne svetloba svetleče diode pešati.

Omenili smo že, da tvorita delilnik napetosti termistor in potenciometer, priključen kot spremenljivi upor. Od položaja drsnika potenciometra je odvisno, pri kateri temperaturi vključi vezje zvočni alarm.

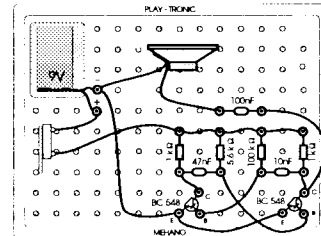
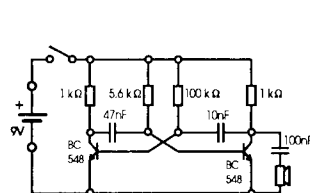
Da bi se prepričali, kako vezje deluje, postavite os potenciometra tako, da svetleča dioda sveti, nato pa os potenciometra zasukajte tako, da svetleča dioda ravno ugasne.

S prsti segrejte termistor. Svetleča dioda sveti. Pihnite v termistor tako, da se le-ta ohladi. Svetleča dioda počasi ugasne, iz zvočnika pa se sliši ton.

114. KAJ NAREDITI, ČE SKOZI ZVOČNIK NE SME TEČI ENOSMERNI TOK?

Pri prej opisanem vezju skozi zvočnik teče pulzirajoči enosmerni tok. Kaj narediti, če želimo, da skozi zvočnik teče le izmenični tok? V ta namen uporabimo kondenzator.

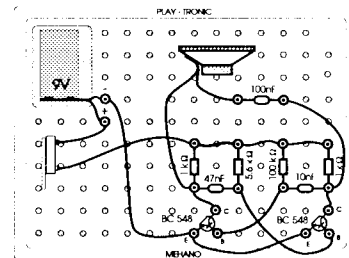
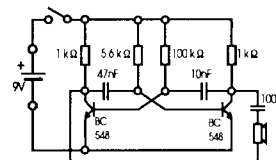
Na spodaj narisanim vezju je prikazano, kako lahko priključimo zvočnik. Na kolektorju desnega tranzistorja je izrazito pulzirajoča napetost. Med emitorjem in kolektorjem se napetost spreminja med 0V, ko je tranzistor odprt, in 9V, ko je tranzistor zaprt. S kondenzatorjem dosežemo to, da skozi zvočnik teče le izmenični tok, kajti kondenzator izmenični tok prepušča, enosmernega pa ne.



Slika 114

115. ZVOČNIK MED DVEMA KOLEKTORJEMA

Že večkrat smo omenili, da se v multivibratorju napetost med emitorjem in kolektorjem spreminja med 0V in 9V. To se dogaja na obeh tranzistorjih. V kakšnem razmerju pa sta napetosti na kolektorjih obeh tranzistorjev?



Slika 115

Ko je en tranzistor odprt, je drugi zaprt. Zato je na enem kolektorju napetost proti negativnem baterijskem priključku 0V, na drugem pa

9V. Vzemimo, da je levi tranzistor odprt, desni pa zaprt. Tedaj je med obema kolektorjema napetost $U=9V$.

Ko tranzistorja zamenjata svoji vlogi, se spremenita napetosti na kolektorjih. Sedaj je napetost med kolektorjem levega tranzistorja in negativnim baterijskim priključkom 9V, pri desnem pa je ta napetost 0V. Napetost med kolektorjema je prav tako 9V, vendar v nasprotni smeri! $U=-9V$!

Ko opazujemo napetost na enem kolektorju, se tam le-ta spreminja za 9V. Ko opazujemo napetost na obeh kolektorjih istočasno, se napetost spreminja med +9V in -9V. Sprememba napetosti je dvakrat večja!

V določenih primerih ima priključitev bremena med kolektorja tranzistorjev določeno prednost. Pri tem je pomembno, da ta obremenitev ni takšna, da vezje neha delovati.

Upornost zvočnika je zelo majhna in bi zato skozenj stekel enosmerni tok. Med kolektorjema obeh tranzistorjev bi bila majhna upornost in vezje bi lahko nehalo delovati. Zato je zaporedno z zvočnikom v vezju še kondenzator.

116. VEZJE ZA PRIDOBIVANJE NEGATIVNE NAPETOSTI

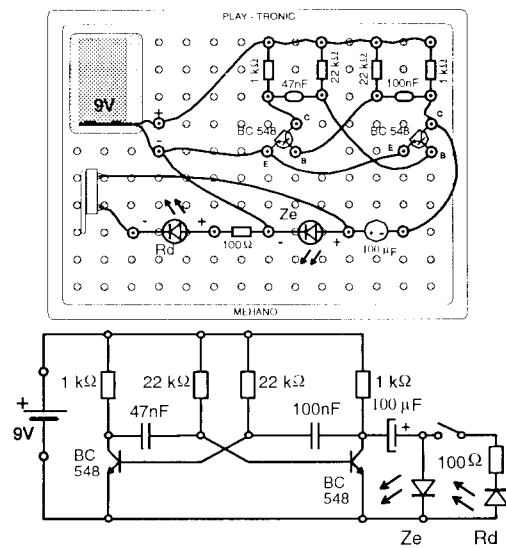
Včasih je nujno potrebno, da imamo v vezju, ki ga uporabljamo, zaradi določenih razlogov tudi negativno napetost. Najenostavneje je, če imamo poleg ene baterije, ki jo vezje uporablja za svoje delovanje, še dodatno baterijo, ki jo uporabimo kot vir negativne napetosti. Vsekakor pa to podraži uporabo takšnega vezja, ker moramo sedaj menjavati dve bateriji namesto ene same.

Če je poraba toka iz baterije, ki daje negativno napetost, majhna, potem lahko naredimo vezje, ki bo na svojem izhodu dalo negativno napetost. To sicer nekoliko podraži celotno vezje, a se bo zaradi privarčevanih baterij za negativno napetost hitro izplačalo.

Za pridobivanje negativne napetosti potrebujemo izmenično napetost. V našem vezju je za pridobivanje izmenične napetosti uporabljen nestabilni multivibrator. Za izmenični tok velja, da skozi

vodnik enkrat teče v eni, nato pa v drugi smeri. Napetost med kolektorjem npr. desnega tranzistorja v multivibratorju in negativnim baterijskim priključkom se spreminja: ko je tranzistor odprt, je skoraj nič, ko pa je zaprt, doseže napetost baterije. Ta napetost ni izmenična, je pa zelo pulzirajoča.

Pokazali smo že, da skozi kondenzator izmenični tok lahko teče, enosmerni pa ne. Zato lahko s kondenzatorjem iz pulzirajoče napetosti izločimo enosmerno napetost. Točno to je uporabljeno v našem vezju. Na kolektor desnega tranzistorja je priključen kondenzator, skozi katerega iz multivibratorja teče izmenični tok. Ta tok teče skozi dve, med seboj nasprotno obrnjeni svetleči diodi.



Slika 116

Ko vezje priključite na baterijsko napetost, obe diodi svetita. To dokazuje, da skozi kondenzator teče izmenični tok. Ko teče tok iz kondenzatorja proti negativnemu baterijskemu priključku, teče skozi zeleno svetlečo diodo. Ko teče v nasprotni smeri, teče skozi rdečo svetlečo diodo in upor 100Ω . Ta upor in rdeča svetleča dioda predstavljata vezje, ki za svoje delovanje potrebuje negativno napetost. Namesto zelene svetleče diode je v vezju lahko navadna dioda 1N4004.

Še enkrat poudarjamo, da vezje, ki potrebuje za delovanje negativno napetost, ne sme porabljati preveč toka.

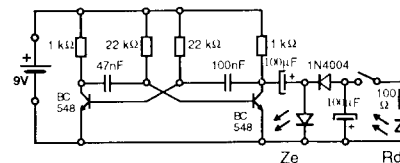
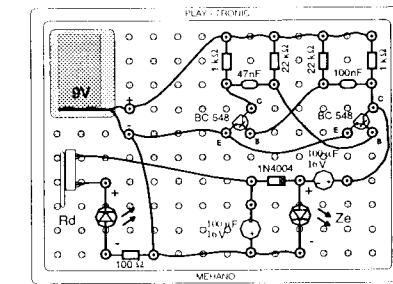
Če morda niste prepričani, da multivibrator deluje, lahko med katerikoli upor $1k\Omega$ in pozitivni baterijski priključek vstavite zvočnik.

117. IZBOLJŠANO VEZJE ZA PRIDOBIVANJE NEGATIVNE ELEKTRIČNE NAPETOSTI

Usmerjena napetost, ki jo pridobimo z diodo, ne more biti večja od največje vrednosti izmenične napetosti.

Namesto rdeče svetleče diode lahko priključite vezje, ki za svoje delovanje potrebuje negativno napetost.

Če je negativna napetost, pridobljena s prej opisanim vezjem, prenizka, lahko za pridobivanje negativne enosmerne napetosti uporabimo vezje, ki podvoji usmerjeno napetost. Tako vezje naredimo z dvema diodama in dvema kondenzatorjema. V vezju je zelena svetleča dioda uporabljena namesto navadne diode.



Slika 117

118. ŠE EN GENERATOR ZVOKA

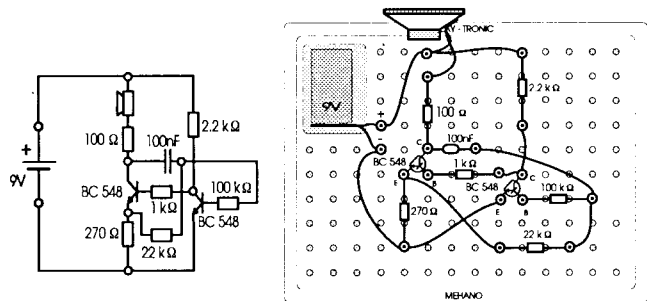
Z dvema tranzistorjema lahko naredimo generator zvoka, ki ni nestabilni multivibrator, ampak deluje nekoliko drugače. Za svoje delovanje uporablja povratno vezavo.

Povratna vezava je tista vezava v vezju, skozi katero se nekaj signala vrača z izhoda vezja na vhod. Na ta način se celotno vezje obnaša drugače kot v primeru, ko te povratne vezave ni.

V našem primeru imamo opravka s tranzistorjema, ki predstavljata nizkofrekvenčni ojačevalnik.

Preko kondenzatorja $100nF$ in upora $100k\Omega$ se z izhoda ojačevalnika (kolektor levega tranzistorja) nekaj signala vrača na vhod ojačevalnika (baza desnega tranzistorja).

Predpostavimo, da takrat, ko na vhodu vezja napetost narašča, na izhodu pada. Če z dodatnim vezjem poskrbimo, da se sprememba



Slika 118

na izhodu vrne na vhod, bi lahko rekli, da "vezje ne ve, kaj naj naredi" in se ne more odločiti, kakšne naj bodo napetosti na izhodu in na vhodu. Zato začnejo napetosti nihati. Pravimo, da je zaradi povratne vezave začelo vezje oscilirati.

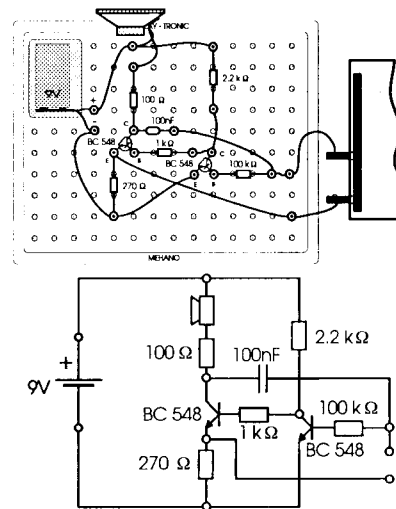
119. GLASBENI INSTRUMENT

Če spreminjate vrednost upora $22k\Omega$, se spreminja tudi frekvenca delovanja oscilatorja in iz zvočnika se sliši ton spremenljive višine. To lepo vidite, če namesto upora $22k\Omega$ v vezje vstavite potenciometer $47k\Omega$, priključen kot spremenljivi upor.

Sami ste še naredili spremenljivi upor tako, da ste z mehkim svinčnikom na papir narisali grafitno sled. Takšen upor lahko uporabite v tem oscilatorju za spreminjanje frekvence njegovega delovanja.

Na enem koncu grafitne plasti naj bo vzmetna sponka, ki je preko žice vključena v vezje. Drugi kos žice priključite na ustrezno mesto v vezju. Na drugi konec te žice postavite vzmetno sponko. Podrsajte s to sponko po uporovni plasti. Ko se z njo dotaknete uporovne plasti, začne oscilator delovati. Če s sponko podrsate po uporovni plasti, se višina tona spreminja. Tako lahko naredite preprost glasbeni

instrument.



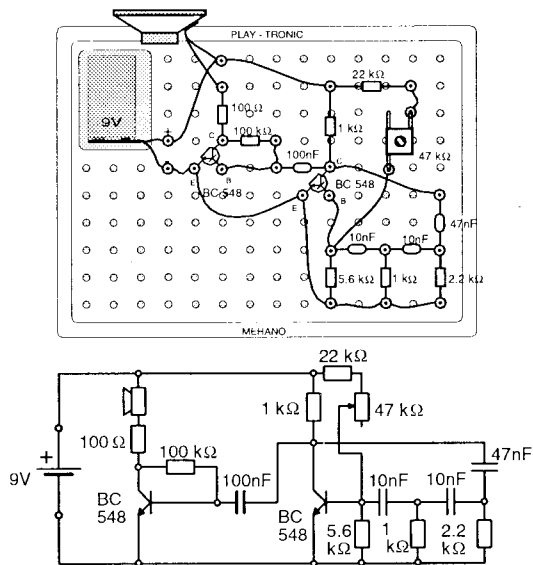
Slika 119

120. OSCILATOR, NAREJEN Z VERIGO UPOROV IN KON DENZATORJEV

Da bi iz ojačevalnika naredili oscilator, potrebujemo povratno vezavo, ki signal z izhoda ojačevalnika pripelje na njegov vhod. Lastnosti povratne vezave določajo, ali vezje deluje kot oscilator in pri kateri frekvenci.

V tukaj prikazani risbi imamo še en primer oscilatorja, narejenega s povratno vezavo. Os potenciometra zasukajte tako, da iz zvočnika zaslišite zvok. Vezje za povratno vezavo je narejeno iz verige treh

kondenzatorjev in treh uporov.



Slika 120

Ker je signal prešibek, da bi ga slišali, je za oscilatorskim vezjem dodan še nizkofrekvenčni ojačevalnik s tranzistorjem.

Iz zvočnika se sliši zelo prijeten ton, mnogo prijetnejši od tistega, ki smo ga slišali pri oscilatorjih, narejenih z nestabilnim multivibratorjem. Tukaj opisan oscilator daje zelo čist ton.

ZAKLJUČEK

Vsaka knjiga ima zaključek. Če ste prišli do konca te knjige, naj to ne bo tudi zaključek širjenja obzorja vašega znanja na področju elektronike in elektrotehnike. Knjiga, ki jo ravnokar držite v rokah, naj bo le uvod in kažipot v svet elektronike, poln novih dognanj, presenečenj in neslutelih možnosti.

Zato korajžno naprej!

KDO JE TO?

V tem poglavju bomo navedli nekaj znanstvenikov, ki so s svojim delom veliko pripomogli k razvoju elektrotehnike in elektronike. V seznamu so predvsem imena, ki smo jih v tej knjigi že omenili.

Ampere, André Marie (1775-1836), francoski fizik; preučeval je Oerstedovo odkritje in postavil temelje elektrodinamike (vede, ki preučuje elektrino v gibanju). Svoje delo je nato posvetil ugotavljanju natančne povezave med električnim tokom in magnetizmom. Po njem se imenuje enota za merjenje električnega toka (A).

Bardeen, John (1908-1991) je ameriški fizik, ki je skupaj s Brattainom H. Walterjem in Schockleyem Williamom dobil Nobelovo nagrado za fiziko leta 1956 za odkritje tranzistorja. Odkritje je bilo sad raziskovalnega dela te trojice v Bellovih razvojnih laboratorijih I. 1948. Poleg tega se je ukvarjal s preučevanjem snovi pri zelo nizkih temperaturah (superprevodnost), za kar je skupaj s Leonom N. Cooperjem in Johnom Schriefferjem dobil še eno Nobelovo nagrado l. 1972.

Brattain, Walter Houser (1902-1987), ameriški fizik, glej Bardeen, John.

Coulomb, Charles Augustin de (1736-1806), francoski fizik, ki je preučeval sile med dvema naelektrjenima telesoma. Po njem imenujemo enoto elektrine (C).

Edison, Thomas Alva (1847-1931), ameriški fizik, eden izmed najplodnejših izumiteljev 19. stoletja. Med množico njegovih izumov je npr. žarnica z ogljeno žarilno nitko, fonograf (prednik današnjega gramofona) in kinoprojektor.

Faraday, Michael (1792-1867), angleški kemik in fizik; znan je po svojih pionirskih poskusih in raziskavah na področju električnosti in magnetizma. Mnogi so mnenja, da je bil eden izmed največjih eksperimentatorjev, ki so kdajkoli živeli. Njegova ideja so namišljene črte - silnice, vzdolž katerih delujejo npr. magnetne sile. To ponazoritav delovanja sil v prostoru zelo pogosto uporabljamo tudi danes. Po njem imenujemo enoto za kapacitivnost kondenzatorja (F).

Henry, Joseph (1797-1878), ameriški fizik in znanstvenik je znan po svojem odkritju elektromagnetne indukcije in samoindukcije. Njegova eksperimentalna dela na področju kemije, električnosti in magnetizma kažejo, za kako številna področja v znanosti se je zanimal. Po njem imenujemo enoto za induktivnost (H).

Hertz, Heinrich Rudolph (1857-1894), nemški fizik, matematik in inženir je prvi dokazal obstoj radijskih valov. Dokazal je, da se radijski valovi razširjajo s svetlobno hitrostjo. V počastitev njegovega dela in dosežkov je po njem poimenovana enota za frekvenco (Hz).

Kelvin, William Thomson (1824-1907); škotski fizik je predlagal merjenje temperature od absolutne ničle (od $-273,15^{\circ}\text{C}$ navzgor). Je eden tistih, ki so postavljali temelje termodinamike. Sodeloval je pri projektu prenosa telegrafskih sporočil preko podmorskega kabla iz Evrope v Ameriko. Izboljšal je vrsto merilnih instrumentov. Za svoje delo je bil nagrajen tudi s plemiškim nazivom. Po njem imenujemo enoto za merjenje absolutne temperature (K).

Kirchoff, Gustav Robert (1824-1887), nemški fizik; odkril je temeljni zakon elektromagnetnega sevanja, po katerem je moč sevanja črnega telesa odvisna od temperature telesa in frekvence valovanja. Je eden izmed ustanoviteljev spektroskopije.

Leclanché, Georges (1839-1882), francoski izumitelj, po katerem imenujemo suhe baterijske člene. Še dandanes uporabljamo suhe baterijske člene v prenosnih električnih in elektronskih aparatih.

Morse, Samuel Finley Breese (1791-1872), ameriški umetnik in izumitelj. Med poznavalci likovne umetnosti je zelo cenjen kot slikar miniaturne. V tehniki ga še posebej cenijo zaradi razvoja električnega telegrafa. Za sprejem sporočil po žicah je uporabil napravo, ki je z elektromagnetom pritiskala na trak pisalo in tako je bilo moč sporočila sprejemati v obliki črt in pik. Razvil je tudi način kodiranja znakov s črtami in pikami.

Oersted, Hans Christian (1777-1851), danski filozof, ki je med poskusi na predavanjih l. 1820 odkril elektromagnetno indukcijo. Preučeval je tudi obnašanje tekočin in plinov pod pritiskom. Zaradi svojih poskusov in javnih predavanj je bil zelo cenjen.

Ohm, Georg Simon (1789-1854), nemški fizik, l. 1826 je določil razmerje med napetostjo, tokom in upornostjo v sklenjenem električnem tokokrogu. Po njem se to razmerje imenuje Ohmov zakon, enota za električno upornost pa ohm (Ω).

Shockley, William (1910-1989), ameriški fizik, Glej Bardeen, John **Swan, Sir Joseph Wilson** (1828-1914), britanski kemik in izumitelj, ki je veliko prispeval k razvoju fotografije. Njegovi iznajdbi sta tudi žarnica z žarilno grafitno nitko (1860) in žarnica s kovinsko nitko (1878).

Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio (1745-1827), italijanski fizik, izumitelj prve električne baterije. Med njegovimi dosežki je tudi ta, da je prvi izoliral plin metan. Po njem imenujemo enoto električne napetosti (V).

SLOVAR

Pričujoči slovar vam ponuja nekaj besed, ki so vam morda manj znane. Nekatere besede se v tej knjigi pogosto uporabljajo, nekatere so le omenjene, nekaterih morda sploh ni, so pa vsekakor v ozki zvezi s svetom elektronike in elektrotehnike.

absolutna ničla je najnižja možna temperatura (-273.15°C).

akumulator je pravzaprav baterija oz. vir električne energije, ki ga je moč znova polniti potem, ko je prazen. Akumulatorje običajno polnimo z električno energijo, ki jo dobimo s pomočjo usmernika.

ampermeter je instrument, s katerim merimo jakost električnega toka.

anoda je pozitivni priključek pri diodi. Skozi diodo bo električni tok tekel samo takrat, kadar je anoda priključena na pozitivni baterijski priključek.

atom je najmanjši delec kakšnega elementa, ki ima še vedno lastnosti le-tega.

AVO meter je instrument, s katerim merimo električni tok, napetost ali upor. Ker so enote teh električnih veličin A, V in ohm, so ti instrumenti tudi dobili takšno ime.

balančno vezje je takšno vezje, skozi katerega se pretok električnega toka usmerja in deli podobno, kot se na otroški gugalnici spreminja položaj dveh otrok (gor, dol ali v ravnovesju).

baterija je vir električne energije, v katerem se kemična energija (oz. energija, shranjena v kemičnih spojinah) pretvarja v električno energijo. Izrabljene (izpraznjene) baterije ni več mogoče uporabiti.

baza je tisti priključek na tranzistorju, na katerega pripeljemo krmilni tok.

bistabilna je tista stvar (oz. element vezja), ki lahko obstane v enem ali drugem stabilnem stanju oz. položaju.

bit je najmanjši delček računalniške informacije. Ima samo dve stanji, imenujemo ju logično 1 in logično 0.

CD je plošča, na kateri so podatki (lahko tudi glasba), shranjeni v digitalni obliki.

CD-ROM je kompaktni disk, na katerem so zapisani računalniški podatki. Na takšnem disku je npr. prostora za besedilo, dolgo 300.000 tipkanih strani. Poleg besedila so na takšnem disku lahko shranjene še slike, animirane sekvence, video posnetki in zvok.

coulomb je enota za merjenje količine elektrine.

čip (chip-rezina) imenujemo tenko ploščico silicija, na kateri je narejeno elektronsko integrirano vezje.

Darlingtonova vezava tranzistorjev je takšna vezava, pri kateri električni tok iz emitorja enega tranzistorja teče naravnost v bazo drugega tranzistorja.

delilnik napetosti je vezje, narejeno iz dveh uporov. Izhod delilnika je mesto, kjer se stikata oba upora.

digitalna informacija je informacija, ki je predstavljena z vrsto bitov.

dinamo je generator, ki služi za pridobivanje enosmernega električnega toka.

dioda je polprevodniški element vezja, skozi katerega električni tok lahko teče le v eni smeri.

elektrina je nosilec elektrike. Za napravo, ki je električno nabita, pravimo, da vsebuje elektrino.

električni tok je pravzaprav usmerjeno in prisilno gibanje elektrine.

električni tokokrog je sklenjena pot toka skozi vezje. Električni tok lahko teče le, če je tokokrog sklenjen, npr.: pozitivni baterijski priključek, priključna žica, žarnica, druga priključna žica, negativni baterijski priključek.

električno polje je področje okoli elektrin. V njem delujejo električne sile.

elektrolit je tekočina, ki dobro prevaja električni tok.

elektrolitski kondenzator je elektr. element, ki vsebuje tekočino (elektrolit). Takšni kondenzatorji imajo običajno dokaj veliko kapacitivnost (več mikrofaradov). Za elektrolitske kondenzatorje je zelo pomembno, kako jih priključimo v vezje. Obratno priključen kondenzator bo lahko takoj uničen.

elektromagnet je pravzaprav tuljava, skozi katero teče električni tok. Ker se zaradi tega tuljava obnaša tako, kot bi bila magnet, jo imenujemo elektromagnet.

elektromotor je naprava, v kateri se električna energija spreminja v mehansko.

elektron je delec atoma, ki ima negativni električni naboj.

elektronski računalnik je naprava, ki je s pomočjo elektronskih vezij, sposobna zelo hitro opraviti veliko število računskih operacij.

element je snov, ki jo sestavlja samo ena zvrst atomov.

element vezja je najmanjši sestavni del električnega vezja.

emitor je tisti priključek na tranzistorju, v katerem se zbereta tokova, ki iz pozitivnega baterijskega priključka prihajata v kolektor in bazo.

energija je sposobnost opravljanja določenega dela. Energija lahko spreminja svojo obliko: npr. mehanična v električno (v generatorju), električna v toplotno (v grelcu), električna v svetlobno (v žarnici) itd. enosmerni tok teče skozi vodnik vedno v eni smeri.

frekvenca je število sprememb v eni sekundi.

generator je naprava za pretvarjanje mehanične energije v električno. Takšne generatorje uporabljamo npr. v elektrarnah, kjer se mehanična energija vode pretvarja v električno energijo.

grafit je mehka oblika ogljika. V elektrotehniko ga včasih uporabljamo za izdelavo uporov in pri drsnih kontaktih. Najdemo ga tudi v minicah navadnih svinčnikov, pa tudi v mazivih za podmazovanje ležajev.

izolatorji so snovi, ki ne prevajajo električnega toka.

izmenični tok teče skozi vodnik izmenično, najprej v eno, nato v drugo smer.

indukcija je vpliv magneta na prevodnik oz. tuljavo v gibanju. Zaradi indukcije skozi takšne premikajoče se vodnike oz. tuljave, ki so v bližini magneta, steče električni tok.

induktivnost je lastnost tuljav. Meri se v henrijih (H).

integrirano vezje je vezje, ki na majhni ploščici iz silicija vsebuje večje število elementov vezja, kot so npr. tranzistorji, upori, kondenzatorji itd. Zelo obsežna integrirana vezja lahko vsebujejo več mili-

jonov tranzistorjev.

katoda je negativni priključek pri diodi. Skozi diodo teče električni tok samo takrat, ko je katoda priključena na negativni baterijski priključek.

kapacitivnost je lastnost kondenzatorjev. Merimo jo v faradih (F).

kolektor je priključek na tranzistorju, na katerem je najopaznejši vpliv krmilnega toka, ki teče v bazo tranzistorja.

kompaktni disk, glej CD.

kondenzator je element, v katerem se lahko shranjuje energija, tako da se na njegovih sponkah napetost ne spreminja. Kondenzator se upira spremembi električne napetosti na svojih sponkah.

kontaktnik je električno stikalo, v katerem se električna kontakta skleneta z zunanjo silo.

laser (okrajšava od Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation=ojačanje svetlobe s spodbujanjem oddajanjem sevanja) je naprava, ki odda enobarven, močan in zelo ozek svetlobni žarek. LED (light emitting diode) je svetleča dioda.

magnet je predmet, ki ima lastnost, privlačiti železne, kobaltne in nikljeve predmete.

magnetno polje je področje v okolici magneta, v katerem delujejo magnetne sile.

masa je običajno tisti del vezja, ki je priključen naravnost na negativni baterijski priključek. Npr. pri avtomobilih je masa kar kovinsko ohišje, priključeno na negativni priključek akumulatorja.

mikrofon je naprava, v kateri se zvočna energija spreminja v električno.

mikroprocesor je zelo kompleksno integrirano vezje, v katerem je velika množica logičnih vezij. S posebnimi stanji (oz. ukazi) na določenih priključkih je moč vezju 'ukazati', kaj naj naredi s stanji (podatki), ki jih ima na drugih priključkih. Mikroprocesorji so pravzaprav "možgani" vseh računalnikov.

molekula je najmanjši delec kake snovi, ki ima še vedno njene lastnosti.

monostabilna je tista stvar (oz. vezje), ki ima le en stabilni položaj

(oz. stanje), v katerem se najraje zadržuje. Če skušamo z zunanjim vplivom to stanje spremeniti, se bo vse skupaj po prenehanju vpliva samo od sebe povrnilo v to, sicer edino, stabilno stanje.

nabito telo je tisto telo, ki mu je dodana ali odvzeta elektrina.

nestabilna je tista stvar, ki ima stanja, h katerim teži, vendar se v nobenem izmed njih ne zadržuje.

nevtron je delec atoma, ki nima električnega naboja.

nizkofrekvenčni signali imajo takšne frekvence, ki jih lahko slišimo. To so frekvence med 16Hz in 20000Hz.

NTC (negative temperature coefficient - negativni temperaturni koeficient) je termistor, ki mu z naraščanjem temperature upornost pada.

ohmmeter je instrument, s katerim merimo električno upornost.

ojačevalnik je vezje, ki ojača električne signale.

okov je element, v katerega privijemo električno žarnico.

oscilator je vezje, ki daje izmenično električno napetost.

potenciometer je upor, ki ima spremenljivo upornost. V vezje je priključen tako, da sta priključeni obe priključni sponki upora in drsnik.

predpone pišemo pred osnovno enoto in tako povemo, kolikokrat je enota večja ali manjša od osnovne enote.

protoni so delci atoma, ki imajo pozitiven električen naboj.

prevodniki so snovi, ki zelo dobro prevajajo električni tok.

pol je tisti kraj magnetna, kjer je vpliv magnetnih sil najmožnejši.

polprevodniki so snovi, ki imajo lastnosti izolatorjev in prevodnikov. Če jih obdelamo in nato uporabimo na določen način, so te snovi prevodniki.

povratna vezava je tista vezava v vezju, ki del izhodne informacije vezja pripelje nazaj na vhod istega vezja.

pulzirajoči tok je takšen tok, ki teče skozi vodnik vedno le v eni smeri, vendar tako, da se jakost toka spreminja.

računalnik je naprava, ki je sposobna obdelati podane podatke oz. s podanimi podatki opraviti določene operacije (npr. izračune).

RAM (random access memory - pomnilnik s poljubnim pristopom) je delovni pomnilnik računalnika. V takšen pomnilnik lahko poljub-

no pišemo in iz njega beremo.

Reedov kontaktnik je cevka, v kateri sta dva kontakta. Ko ju namagnetimo (z magnetom ali elektromagnetom), se pritegneta in skozi ju lahko teče električni tok.

rele je naprava z elektromagnetom, ki pritegne kos železa in s tem tudi premične kontakte pritiska na nepremične. Releje uporabljamo zato, da z električnim tokom vključimo kontakte.

roboti so stroji, katerih gibanje krmilijo računalniki.

ROM (read only memory) je pomnilnik, iz katerega samo beremo. Zelo pogosto so takšni pomnilniki narejeni v obliki integriranih vezij, ki imajo na sebi prozorno okence.

senzorska tipka je takšno tipalo, ki reagira na dotik prsta.

shema je stikalni načrt električnega vezja.

stikalni načrt je načrt, v katerem je prikazano, kako so posamezni elementi v vezju med seboj povezani.

stabilno je tisto stanje, ki se samo od sebe ne bo spremenilo.

stikalo je element vezja, s katerim prekinemo električni tokokrog.

svetleča dioda je element vezja, v katerem se električna energija spreminja v svetlobno

temperatura je podatek, ki nam pove, koliko je kakšna reč topla oz. hladna.

termistor je upor, kateremu se zaradi spremembe temperature upornost zelo spreminja.

tipalo je tisti element, ki neelektrični vpliv spremeni v električnega (npr. tipalo za vlago).

tipka je električno stikalo, ki je sklenjeno samo takrat, ko ga držimo pritisnjene.

tranzistor je polprevodniški element, ki mu z zunanjim vplivom (z električnim tokom, ki teče v krmilni priključek) lahko zelo spreminjamo upornost.

tranzistor NPN je takšen tranzistor, ki mora imeti za normalno delovanje priključen kolektor na pozitivno, emitor pa na negativno napetost.

tranzistor PNP je takšen tranzistor, ki mora imeti za normalno delo-

vanje kolektor priključen na negativno, emitor pa na pozitivno napetost.

tuljava je element vezja, v katerem se energija shranjuje tako, da skozenjo teče električni tok, ki se ne spreminja. Tuljava se torej upira spremembi električnega toka, ki teče skozenjo.

univerzalni instrument, glej AVO meter.

upor je element, ki se pretoku električnega toka skozenj upira tako, da se v njem električna energija spreminja v toploto energijo.

upornost je lastnost uporov. Meri se v ohmih (Ω).

usmernik je naprava, ki pretvarja izmenični tok v enosmernega. Običajno je to naprava, ki jo vključimo v omrežno vtičnico, na svojih izhodih pa ima enosmerno napetost, na katero lahko priključimo naprave, ki delujejo le na enosmerno napetost (npr. tranzistorski sprejemnik).

visokofrekvenčni signali so signali takšnih frekvenc, ki jih ne moremo slišati. To so vsi signali, ki imajo frekvence nad 20kHz.

voltmeter je instrument, s katerim merimo električno napetost.

zvočnik je naprava, v kateri se električna energija spreminja v zvočno valovanje.

žarnica je element, ki električno energijo spreminja v toplotno, tako da se nitka v žarnici zelo močno razžari in sveti. Zaradi te toplote so žarnice vroče.

KAZALO

Pozdravljeni.....	str. 3	13. Vezje z žarnico in svetlečo diodo (1.).....	str. 25
Dragi starši!.....	str. 4	14. Vezje z žarnico in svetlečo diodo (2.).....	str. 25
Uvod.....	str. 4	15. Vezje z žarnico in svetlečo diodo (3.).....	str. 26
Merske enote.....	str. 5	16. Vzporedna vezava.....	str. 26
Osnovni sestavni deli električnih vezij.....	str. 6	17. Sprememba toka v veji vzporednega vezja.....	str. 26
Električni tokokrog.....	str. 6	18. Še en primer vzporedne vezave.....	str. 27
Baterija.....	str. 6	19. Istočasno spreminjanje svetlosti dveh svetlečih diod.....	str. 28
Prevodniki.....	str. 7	20. Vezje z zaporedno vezano žarnico in svetlečo diodo.....	str. 29
Stikalo.....	str. 7	21. Kondenzator kot vir električne energije.....	str. 29
Električni tok.....	str. 8	22. Kako hitro se prazni kondenzator?.....	str. 30
Izmenični električni tok.....	str. 8	23. Kondenzator lahko mnogokrat polnimo in praznimo.....	str. 30
Frekvenca.....	str. 8	24. Skozi kondenzator lahko teče izmenični tok.....	str. 30
Upor.....	str. 9	25. Vzporedna vezava kondenzatorjev.....	str. 31
Kratki stik.....	str. 12	26. Zaporedna vezava kondenzatorjev.....	str. 32
Odprte sponke.....	str. 12	27. Elektromagnet.....	str. 33
Masa.....	str. 12	28. Hermetični kontaktnik.....	str. 34
Kondenzator.....	str. 12	29. Rele.....	str. 34
Tuljava.....	str. 13	30. Zvočnik.....	str. 35
Termistor.....	str. 14	31. Spoznajmo tranzistor.....	str. 36
Žarnica.....	str. 14	32. Kaj se zgodi, če tranzistor obrnemo narobe?.....	str. 36
Polprevodniška dioda.....	str. 15	33. Tranzistor kot stikalo.....	str. 37
Tranzistor.....	str. 15	34. Narobe obrnjeni tranzistor.....	str. 37
Montažna plošča.....	str. 16	35. Kako se obnaša tranzistor, če opazujemo samo bazo in emitor?.....	str. 38
Vsebina priloženega paketa.....	str. 18	36. Pri tranzistorju se smer baza-emiter obnaša kot dioda.....	str. 38
Sto vezij.....	str. 19	37. Kako se obnaša tranzistor, če opazujemo samo bazo in kolektor?.....	str. 39
1. Enostavni električni tokokrog.....	str. 19	38. Pri tranzistorju se smer baza-kolektor obnaša kot dioda.....	str. 39
2. Električni tokokrog s stikalom.....	str. 19	39. Vezje za preizkušanje tranzistorjev.....	str. 39
3. Zaporedna vezava dveh elementov.....	str. 19	40. Kako ugotoviti, kakšna je razporeditev priključnih kontaktov tranzistorja?.....	str. 40
4. Ali je pomembno, kako priključimo upor?.....	str. 20	41. Testno vezje za tranzistorje tipa PNP.....	str. 40
5. Ali je pomembno, kako priključimo žarnico?.....	str. 20	42. Tok, ki teče v bazo, lahko pripeljemo skozi kolektorski upor.....	str. 41
6. Ali je pomembno vrstni red zaporedno vezanih elementov?.....	str. 20	43. Tok, ki teče v bazo, lahko pripeljemo iz napetostnega uporovega delilnika.....	str. 42
7. Tok skozi upor.....	str. 20	44. Zaporedna vezava dveh tranzistorskih stikal.....	str. 42
8. Tokokrog z nastavljivim električnim tokom.....	str. 21	45. Tranzistor kot spremenljivi upor.....	str. 43
9. Delitev napetosti na dveh zaporedno vezanih uporih.....	str. 22	46. Zaporedna vezava dveh tranzistorskih ojačevalnikov.....	str. 43
10. Tokokrog s svetlečo diodo.....	str. 23	47. Plast grafita iz svinčnika na papirju je tudi upor.....	str. 44
11. Ali je pomembno, kako priključimo svetlečo diodo?.....	str. 24	48. Plast grafita na papirju lahko uporabimo kot potenciometer.....	str. 45
12. Vezje z dvema nasprotno obrnjenima svetlečima diodama.....	str. 24	49. Elektronski stražar.....	str. 45
		50. Javljalnik visokega nivoja tekočine.....	str. 46
		51. Javljalnik nizkega nivoja tekočine.....	str. 46
		52. Enostopenjski nizkofrekvenčni ojačevalnik.....	str. 47

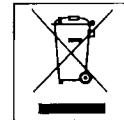
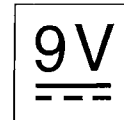
53. Dvostopenjski nizkofrekvenčni ojačevalnik.....	str. 47
54. Še ena izvedba ojačevalnika.....	str. 48
55. "Light show".....	str. 48
56. Senzorsko vezje z dvema tranzistorjema.....	str. 49
57. Senzorsko vezje, ki izključi napravo.....	str. 50
58. Kondenzator in tranzistor (1.).....	str. 50
59. Kondenzator in tranzistor (2.).....	str. 50
60. Kratkotrajna vključitev naprave.....	str. 51
61. Stikalo z nastavljivo časovno zakasnitvijo.....	str. 51
62. Vezje za preizkušanje elementov.....	str. 52
63. Vezje za preizkušanje diod.....	str. 53
64. Generator šuma.....	str. 54
65. Temperaturno občutljivo stikalo.....	str. 54
66. Električna sveča.....	str. 55
67. Javljanje spremembe temperature.....	str. 56
68. Javljanje točno določene gladine tekočine v rezervoarju.....	str. 56
69. Logični inverter (NOT).....	str. 57
70. Dva zaporedno vezana inverterja.....	str. 58
71. Logično "ali" (OR).....	str. 58
72. Logični "in" (AND).....	str. 59
73. Logični "negiran ali" (NOT OR oz. NOR).....	str. 59
74. Logični "negirani in" (NOT AND oz. NAND).....	str. 59
75. Logično NAND, narejen z AND in NOT.....	str. 60
76. Logično NOR, narejen z OR in NOT.....	str. 61
77. Primer sestavljanja logičnih funkcij.....	str. 61
78. Logično bistabilno vezje.....	str. 62
79. Še en način proženja bistabilnega multivibratorja.....	str. 63
80. Proženja bistabilnega multivibratorja s tokom v bazo.....	str. 63
81. Bistabilni multivibrator in senzorske tipke.....	str. 64
82. Pomnilniško vezje.....	str. 64
83. Bistabilni multivibrator kot dvojiški delilnik.....	str. 65
84. Prižiganje in ugašanje luči z eno tipko.....	str. 66
85. Monostabilni multivibrator.....	str. 66
86. Proženje monostabilnega multivibratorja z vplivom na kolektorju.....	str. 67
87. Proženje monostabilnega multivibratorja s tokom v bazo.....	str. 68
88. Stikalo, občutljivo na zvok.....	str. 68
89. Regulator svetlobe.....	str. 69
90. Električno stikalo s histerezo.....	str. 69
91. Utripajoča luč.....	str. 70
92. Regulacija delovanja hladilnika.....	str. 71

93. Stopniščni avtomat.....	str. 71
94. Simetrični nestabilni multivibrator.....	str. 72
95. Sprememba načina delovanja nestabilnega multivibratorja.....	str. 73
96. Regulator svetlobe z multivibratorjem.....	str. 74
97. Sprememba frekvenca delovanja nestabilnega multivibratorja.....	str. 74
98. Avtomobilska utripajoča luč.....	str. 75
99. Nastavitev hitrosti delovanja avtomobilskih brisalcev.....	str. 75
100. Elektronski metronom.....	str. 75
101. Multivibrator in zvočnik kot brenčalo.....	str. 76
102. Brenčalo za učenje telegrafije.....	str. 76
103. Raglja.....	str. 77
104. Izmenično vključevanje in izključevanje naprave.....	str. 77
105. Elektronski stražar z zvočno signalizacijo.....	str. 78
106. Elektronski stražar s svetlobno signalizacijo.....	str. 78
107. Svetlobni alarm za javljanje vlage.....	str. 79
108. Zvočni alarm za javljanje vlage.....	str. 79
109. Čuvaj rož.....	str. 80
110. Akustična igrača.....	str. 80
111. Dvotonska alarmna sirena.....	str. 81
112. Alarmna sirena.....	str. 81
113. Zvočna signalizacija padca temperature.....	str. 82
114. Kaj narediti, če skozi zvočnik ne sme teči enosmerni tok?.....	str. 83
115. Zvočnik med dvema kolektorjema.....	str. 83
116. Vezje za pridobivanje negativne napetosti.....	str. 84
117. Izboljšano vezje za pridobivanje negativne električne napetosti.....	str. 85
118. Še en generator zvoka.....	str. 85
119. Glasbeni instrument.....	str. 86
120. Oscilator, narejen z verigo uporov in kondenzatorjev.....	str. 86

Zaključek.....	str. 87
Kdo je to?.....	str. 87
Stovar.....	str. 89
Kazalo.....	str. 93

OPOZORILO!

NI PRIMERNO ZA OTROKE DO 3. LETA STAROSTI. VSEBUJE MAJHNE DELE, KI JIH OTROK LAHKO POGOLTNE. VSEBUJE TUDI FUNKCIONALNE OSTRE KONICE ALI REZANE ROBOVE. PRISOTNOST STEKLENIH DELOV, KI SE LAHKO RAZBIJEJO. IGRAČA NE SME BITI DOSEGLJIVA ZELO MAJHNIM OTROKOM. UPORABLJATI POD NADZOROM ODRASLE OSEBE.



MEHANO

MEHANO, d.o.o.
SI - 6310 Izola, Polje 9
Slovenia

Tel.: + 386 5 660 80 00
Fax: + 386 5 660 81 01
<http://www.mehano.si>
E-mail: sales@mehano.si

SLOVENSKO: E210 Z01AB/2408 - M0306



IGRAJTE SE ELETRONIKE – ELEKTRONIKA KROZ IGRU

120 elektronskih eksperimenata

Proizvodjač i vlasnik prava:

Mehano d.o.o.
Polje 9
SI - 6310 Izola, Slovenia
PO Box 83

HRVATSKO: E210 Z20AB/66766

PRAVA I OBAVEZE :

Kupovinom ove knjige, u obavezi ste da se saglasite sa svim pravilima koja se odnose na autorska prava i pokrivaju ovu vrstu knjige, kao i da ne ugrožavate autorska prava. Sadržaj ove knjige je zaštićen autorskim pravom. Ni jedan deo knjige ne sme biti reprodukovana, prepisivan, fotokopiran ili prebačen na bilo koji medij za prikupljanje podataka bez prethodne eksplicitne saglasnosti od strane izdavača.

Sva strujna kola kao i eksperimenti opisani u ovoj knjizi su pažljivo ispitani i testirani. Ipak, izdavač ne prihvata odgovornost za bilo kakvu fizičku i/ili materijalnu štetu, kao ni za povrede nastale tokom sklapanja i korišćenja strujnih kola opisanih u ovoj knjizi.

Svi delovi u ovom kompletu su pažljivo odabrani i bez nama znanih oštećenja. Stvaralac ovog kompleta nije u mogućnosti da izda garanciju za svaki pojedinačni deo, jer se delovi mogu lako mehanički ili elektronski oštetiti.

PORUKA MLADIM ČITAOCIMA

Dragi mladi čitaoci,

Oduševljeni smo što ste ušli u fascinantan svet elektronike uz pomoć naše knjige i nadamo se da ćete uživati u eksperimentima.

Ipak, ovaj komplet nije namenjen isključivo za zabavu. Izvođenjem eksperimenata i čitanjem odgovarajućih objašnjenja, takođe ćete naučiti osnove elektronike, koje će vam biti od koristi mnogo puta u realnim životnim situacijama.

Nemojte se bojati eksperimenata. Rezultati jednog eksperimenta vrede mnogo više od mišljenja i stavova hiljade eksperata, tako da ste pozvani da testirate sve vaše nove ideje. Ukoliko strujno kolo ne funkcioniše kako bi trebalo, nemojte se obeshrabriti. Kada pronađete i rešite problem shvatićete da ste naučili nešto novo i korisno što ćete moći da koristite prilikom izvođenja ostalih eksperimenata.

Sva strujna kola predložena u ovoj knjizi su napravljena tako da se ne možete povrediti ili prouzrokovati bilo kakva oštećenja na predmetima koji vas okružuju. Osim sporadičnih ogrebotina na prstima, najgore što vam se može desiti je da oštetite neki od elemenata. Ukoliko se neki deo ošteti ili usled oštećenja ne funkcioniše ispravno, lako ga možete zameniti sa drugim koji se može kupiti u skoro svakoj prodavnici elektronike.

U ovoj knjizi je opisan manji broj različitih strujnih kola. Neka su toliko jednostavna da objašnjenja nisu potrebna. Druga su komplikovana i možda nećete moći da ih u potpunosti razumete u prvom trenutku. Posle nekoliko ponavljanja i proučavanja, moći ćete da napravite u stavite u funkciju čak i najkomplicovanija strujna kola sa lakoćom.

U svakom slučaju, ukoliko vam je neki eksperiment prilično težak i frustrira vas njegovo izvođenje, nemojte se plašiti da ga preskočite i kasnije se vratite na njega.

Raznolikost strujnih kola, od kojih ste neke proučavali u školi, svakome pružaju mogućnost da uči više o određenoj temi. Dodatno, detaljan opis strujnih kola i njihovog funkcionisanja koji je dat u ovoj knjizi vam može biti od velike koristi za nastavne aktivnosti.

PAŽNJA!

RADI VAŠE SIGURNOSTI, SVA STRUJNA KOLA SU NAPRAVLJENA DA RADE NA BATERIJE. ZA EKSPERIMENTE KORISTITE BATERIJU OD 9V IEC 6LR61.

NE KORISTITI BATERIJE KOJE SE MOGU OBNAVLJATI (npr. niki i cadmium). BATERIJE MORAJU BITI POVEZANE NA ODGOVARAJUĆIM POLOVIMA.

NE POKUŠAVAJTE DA SASTAVITE STRUJNO KOLO POMOĆU STRUJE IZ UTIKAČA ! TO MOŽE BITI OPASNO PO ŽIVOT I PO OKRUŽENJE! KONTAKT SA UTIKAČIMA MOŽE BITI SMRTONOSAN I I MOGU PROUZROKOVATI POŽAR. KOMPLET I NJEGOVI DELOVI NISU NAMENJENI DA RADE NA NAPONU STRUJNIH UTIČNICA.

PREPORUČUJEMO DA SE OVAJ KOMPLET KORISTI ISKLJUČIVO POD NADZOROM ODRASLIH. PREPORUČUJEMO DA SE IZVEDU SAMO EKSPERIMENTI OPISANI U OVOM PRIRUČNIKU. UKOLIKO DUŽE VREMENA NEĆETE KORISTITI STRUJNO KOLO PREPORUČUJEMO DA UKLONITE BATERIJE. KORISTITE

ISKLUČIVO BATERIJE PREPORUČENE ZA KONKRETNO STRUJNO KOLA. PREPORUČUJU SE ALKALNE BATERIJE. BATERIJA NE BI SMELA BITI U KONTATU SA METALNIM DELOVIMA JER TO MOŽE PROUZROKOVATI EKSPLOZIJU. NIKADA NE POKUŠAVAJTE DA PUNITE BATERIJU. BATERIJU MOŽE DA ZAMENI SAMO ODRASLA OSOBA. BATERIJU NE BACAJTE U VATRU. MOLIMO DA PRAZNE BATERIJE ODLAŽETE U ODGOVARAJUĆE KONTEJNERE. NE PRAVITE KRATAK SPOJ NA IZVORIMA STRUJE.

PAŽNJA : IGRAČKA TAKODE SADRŽI OŠTRE DELOVE I IVICE. NEKI DELOVI U OVOM KOMPLETU SU MALI I IMAJU OŠTRE IVICE.

OVAJ PROIZVOD STOGA NIJE NAMENJEN DECI UZRASTA ISPOD DEVET GODINA.

ZAPAMITTE OVE INSTRUKCIJE ZA UBUDUĆE.

DRAGI RODITELJI!

Kupovinom ove knjige ulazite u svet elektronike zajedno sa svojim detetom. Ukoliko se snalazite na tom terenu, ponudite svom detetu podršku i inspiraciju. Uoliko vam je sve to novo, ne ustručavajte se da se pridružite vašem naučniku koji obećava. Svet elektronike je pun novih otkrića kako za mlade tako i za one malo starije.

Želeli bismo da iskoristimo još jednu mogućnost da podvučemo činjenicu da je komplet apsolutno siguran. Smišljeno je napravljen da radi na baterije, jer je korišćenje struje uvek potencijalna opasnost, naročito za neiskusne korisnike. NIKADA NEMOJTE SVOM DETETU DOZVOLITI DA KORISTI OVAJ KOMPLET UZ KORIŠĆENJE STRUJE IZ UTIČNICE!

Korišćenje konvertora nije spominjano. Ukoliko imate iskustva iz oblasti elektronike ili elektriciteta, konvertor se može koristiti kao izvor struje, ali samo uz vaš nadzor. Korišćenje konvertora bez nadzora može dovesti do oštećenja delova.

UVOD

Primena elektronskih otkrića je dovela do fantastičnih promena za čovečanstvo. Prošlo je manje od pedeset godina od pojave tranzistora, i skoro dekada od pronalaska integrisanog strujnog kola. Elektronika se koristi u skoro svakom segmentu našeg života. Pitajte svoje bake i deke da li su imali televizore i radio aparate u vašem uzrastu; da ne spominjemo video reordere, kompjutere, vokmene, kamere i druge elektronske aparate bez kojih mi danas ne možemo da zamislimo život. Vaše bake i deke će sigurno priznati da je elektronika dovela do korenitih promena u njihovim životima. Možda će se neki sa žaljenjem sećati "dobrih starih vremena", ali nemojte da vas to zabrine. Oni su takođe žalili. I vi ćete verovatno žaliti kada budete razgovarali sa svojim unucima.

Elektronika svaako utiče na naše živote i moramo joj pružiti dovoljno pažnje. Činjenica da čitate ovu knjigu dokazuje da i vi verujete u to. Kako uopšte funkcionišu video rekorderi, kompjuteri, digitalni satovi i CD plejeri? Odgovor nije jednostavan.

Verovatno kod kuće imate Lego kocke. Kada vam mlađji brat ili sestra traže da da sagradite zamak, svemirski brod ili kuću, vi ćete znati kako to da uradite. Upotrebili ste mnoštvo malih, jednostavnih kocki. Svaka kocka je celina za sebe, ali kada ih sklopite u celinu, izgradili ste nešto što ne liči ni na jednu pojedinačnu kocku. Dok ste stvarali svoje remek delo, verovatno niste razmišljali o tome kako i od čega su napravljene Lego kocke.

Slično je i sa elektronikom, kompleksno strujno kolo je sastavljeno od jednostavnih delova. Čak i veliki stručnjaci ne mogu tačno reći kako jedno komplikovano i kompleksno električno strujno kolo funkcioniše. Sigurno znate kako se koristi televizor i kako se igraju kompjuterske igre. Ne razmišljate o tome da nećete znati kako rade. Isto kao što vam je potrebno mnoštvo malih kocki da sagradite Lego zamak, najpre morate naučiti kako da napravite brojna mala i jednostavna strujna kola, pre nego što budete u mogućnosti da napravite kompleksno eletronsko strujno kolo.

U tome će vam pomoći ova knjiga. Proučavanjem ove knjige naučićete kako funkcionišu jednostavna eletronska strujna kola, i primenom znanja iz ove knjige, bićete u mogućnosti da sami sastavite prilično komplikovana strujna kola.

Dakle, počinjemo!

MERNE JEDINICE

Kako ćemo ovde raditi sa raznim fizičkim količinama koje se mere različitim jedinicama, prvo moramo naučiti sve o mernim jedinicama koje se koriste u elektrotehnici. U Srbiji, kao svuda u svetu, koristimo, kada su tehničke stvari u pitanju, SI sistem jedinica - Systéme International (kako se na francuskom piše International) i prema ovom sistemu, osnovne jedinice su:

Količina	Jedinica	Skraćenica
dužina	metar	m
masa	kilogram	kg
Vreme	sekund	s
Electrična struja	amper	A
temperatura	kelvin	K
Svetlosna jačina	Kandela – sveća	cd
substanca	mole	mol

Sve ostale jedinice su izvedene iz ovih osnovnih jedinica i mogu se tako i izraziti: npr. volt je izvedena jedinica. Jednačine pojedinačnih izvedenih jedinica nisu jednostavne i prevazilaze okvire ove knjige.

Mnoge stvari oko nas su merljive, a njihova svojstva definisana. Tako, možemo izmeriti dužinu nekog stola. Za to koristimo neki merni instrument (npr. lenjir) čija je skala podeljena na manje jedinice. Jedinica za merenje dužine je metar. Vi verovatno znate za još neke jedinice. Masa se meri u kilogramima, vreme u sekundama, zapremina u kubnim metrima, itd.

Često koristimo merne vrednosti koje su mnogo veće ili manje od osnovne jedinice. U takvim slučajevima koristimo prefiks koji služi da navede koliko puta je naša jedinica manja ili veća od osnovne jedinice.

Za merne vrednosti koje su mnogo veće od osnovne jedinice, koristimo sledeće prefikse:

prefiks	simbol	vrednost	osnovnu jedinicu množimo sa
kilo-	k	10^3	1.000
mega-	M	10^6	1.000.000
giga-	G	10^9	1.000.000.000
tera-	T	10^{12}	1.000.000.000.000

Znači, 1 kilometar je jednak 1.000 metra, a 101,6 megaherca je jednako 101.600.000 herca ili :

1 km = 1.000 m

101,6 MHz = 101.600.000 Hz

Za merenje vrednosti koje su mnogo manje od osnovnih jedinica, koristimo sledeće prefikse:

prefiks	simbol	vrednost	osnovnu jedinicu delimo sa
mili -	m	10^{-3}	1.000
mikro-	μ	10^{-6}	1.000.000
nano-	n	10^{-9}	1.000.000.000
piko-	p	10^{-12}	1.000.000.000.000

Znači, 1 milimetar je jednak 0.001 metra i 10 mililitara je jednako 0,01 litra ili :

1 mm = 0,001 m

10 ml = 0,01 l

OSNOVNE KOMPONENTE ELEKTRIČNOG KOLA

ELEKTRIČNO KOLO

Električna struja se ne može čuti, videti, a ni osetiti mirisom. Kako onda električna struja teče? Električna struja teče kada imamo razliku električnih potencijala i zatvoreno strujno kolo.

Zamislite da imamo kofu putu vode na stolu i jednu praznu kofu ispod stola. Povežite te dve kofe jednim crevom kroz koje će teći voda. Kofa na gornjem nivou će se prazniti kako se ona na donjem nivou bude punila. Što je crevo šire, kroz njega će teći više vode.

Sada hajde da smestimo točak iznad kofe na donjem nivou. Ako je točak mali i dovoljno lagan, struja iz malog creva će prouzrokovati da se on okreće. Ukoliko uglavimo veći točak, moraćemo ili da upotrebimo šire crevo sa više struje, ili ako hoćemo da koristimo isto crevo, podignemo kofu sa gornjeg nivoa još više i tako dobijemo jači mlaz, recimo sa stola je podignemo na policu.

Pre ili kasnije, kofa na gornjem nivou će se isprazniti. Ukoliko ručnu pumpu povežemo sa kofom na donjem nivou, možemo pumpati vodu iz kofe na donjem u kofu na gornjem nivou. Ovaj eksperiment sa kofama, crevima, točkom i pumpom pokazuje šta se u osnovi dešava u električnom kolu. Kofa na višem nivou predstavlja jedan pol baterije. Creva različite veličine su provodnici različite veličine kroz koje prolazi jača ili slabija električna struja.

Manji ili veći točkovi za vodu su potrošači struje (npr. jači ili slabiji električni motori ili jače ili slabije sijalice). Isto kao što se kofa sa gornjeg nivoa brže prazni ukoliko je točak veći a crevo šire, tako će se i baterija ranije isprazniti ukoliko je provodnik voći ili je električni motor jači.

Umesto da koristimo bateriju kao izvor struje, koristimo generator, kao kod centrala. U našem slučaju to je vodena pumpa.

U našem sistemu kofa-i-crevo, strujno kolo se sastoji od kofe na gornjem nivou, creva, vodenog točka i na kraju kofe na donjem nivou. Kod strujnog kola, struja teče od pozitivnog (+) pola, kroz provodnik, preko potrošača i u negativan (-) pol.

Efekat elektrine struje zavisi od toga šta je povezano sa strujnim kolom. Ukoliko povežemo elektro motor, efekat električne struje će biti okretanje njegove osovine. Ukoliko povežemo zujalicu, čućemo zujanje. Ukoliko povežemo sijalicu, ugledaćemo svetlo. Postoji mnogo mogućnosti. Prilikom stvaranja električnog strujnog kola, koristimo neke osnovne komponente. To su: baterije, provodnici, otpornici, električni kondenzatori, prekidači i polu-provodnici (diode, svetlosne diode, tranzistori i integrisana kola).

BATERIJE

Električne baterije predstavljaju izvor električne struje. Glavna karakteristika električnih baterija je njihov napon. Jedinica za napon je volt, koja je ime dobila po italijanskom fizičaru Alesandru Volti. Znak za ovu jedinicu je V. Znak za napon je U.

Napon između polova malih baterija koje koristimo za kasetofone je 1,5V. Napon između polova auto baterije je 12V. Napon tročelijske pravougaone baterije je 4,5V.

Za baterije i akumulatore, koristimo isti znak: dugačku tanku i paralelnu kraču i deblju liniju. Tanki linija je pozitivan pol, a deblja linije je negativan pol baterije. Ako povežemo nekoliko baterijskih ćelija serijski, dobijamo bateriju sa većim naponom. Jedna baterijska ćelija obično ima 1,5V. Tako će, baterija od 9V imati šest zatvorenih ćelija, a baterija od 4,5V tri zatvorene ćelije, serijski povezane.

Slika a.) Znak za bateriju

Slika b.) Različite baterije

Na našim crtežima su obično prikazane serijski povezane baterije, tako da su tanje i deblje linije prikazane u koloni ili su tačkice iscrtane između dva znaka za bateriju. Znak za bateriju i njihov izgled su prikazani na slikama a.) and b.).

Vratimo se na poređenje kofa; zamislite kofe kaskadno poredane i povezane crevom. Voda će cirkulisati od najviše kofe ka nižoj kroz crevo, a iz poslednje kofe će isticati voda koja je prošla kroz sve kofe. Na ovaj način možemo prikazati serijski povezane baterije.

PROVODNICI

Provodnike koristimo za povezivanje komponenta električnog kola u zatvoreno kola. Na dijagramu koji predstavlja strujno kolo, provodnici su prikazani kao linije. Ukoliko se provodnici ukrštaju, ukrštaće se i linije na dijagramu. Ukoliko provodnike treba povezati, na dijagramu se to prikazuje u obliku tačke. Ukoliko su komponente i kola serijski povezani, tačke se ne prikazuju na dijagramu. Primeri ukrštanja, povezivanja i serijskog povezivanja su dati na prikazu c.).

Ukoliko uporedimo provodnike sa cevima videćemo da veći provodnici mogu provesti više struje. Žice koje se nalaze u kompletu se mogu koristiti u svim eksperimentima. Proverite da li struja teče tamo gde treba, da li su žice izolovane i da li je izolacija uklonjena samo na krajevima.

Slika c.) Ukrštanje, povezivanje i serijsko povezivanje

Slika d.) Provodnici i prekidač

PREKIDAČ

Prekidač se koristi da poveže, npr. zatvori strujno kolo ili da diskonektuje, npr. prekine, strujno kolo. Prekidač i znak za isti su dati na slici d.) i e.). Dijagram taode prikazuje da li je prekidač uključen – on ili isključen – off.

Električna struja teče kroz zatvoreno strujno kolo. Električna struja je električno punjenje koje teče kroz provodnik u sekundi. Kao jednačina to se izražava ovako:

$$I = Q / t$$

Kod ove jednačine, I predstavlja struju, a Q električno punjenje koje je prošlo kroz provodnik u vremenu t.

Električna struja se meri amperima (A) po francuskom fizičaru André Ampèreu. Znak za struju je I.

Slika e.) Znak za prekida u dijagramu strujnog kola

ELEKTRIČNA STRUJA

Ako se vratimo našim kofama sa vodom, količina vode u kofi na gornjem nivou predstavlja električno punjenje koje je smešteno u bateriju. Više vode će teći kroz šire crevo; drugim rečima, struja će biti jača. Naravno jača struja će brže isprazniti bateriju. Isto važi za baterije i sijalice: ukoliko je sijalica jača, jača struja će teći sa istom voltažom. Sijalica će davati više svetla, ali će se baterija isprazniti brže nego u slučaju manje sijalice.

NAIZMENIČNA ELEKTRIČNA STRUJA

Zamislite da posmatramo tok vode u morezu između zaliva i otvorenog mora. Šta se dešava sa plimom? Kada je nivo vode veći na otvorenom moru, usled plime, voda se uliva u zaliv. Kada je nivo vode u moru niži, voda iz zaliva otiče ka otvorenom moru. Kao rezultat promena, voda se jednom uliva, a jednom odliva iz zaliva. Možemo reći da u morezu imamo naizmjenični tok vode.

Slično, električna struja može da teče kroz provodnik, najpre u jednom a zatim u drugom smeru. Takav tok električne struje se naziva naizmjenična struja (AC).

Mada struja iz baterije uvek teče samo u jednom smeru, mi ćemo, u našem eksperimentu, doći do situacija gde će struja teći u jednom pa u drugom smeru kroz određene elemente strujnog kola. Naizmjenična struja će teći kroz te elemente.

FREKVENCIJA

Kod naizmjenične struje, mižemo izbrojati koliko puta u sekundi električna struja menja smer. Broj promena u sekundi se naziva frekvencija. Jedinica frekvencije je herc (Hz), a nazvana je po nemačkom fizičaru Hajnrihu Hercu.

Sada, ako se prisetimo poglavlja o mernim jedinicama, videćemo da ne postoji osnovna jedinica za frekvenciju. Ali, rekli smo da su ostale merne jedinice izvedene iz osnovnih. A kako mi izvodimo jedinicu za frekvenciju? Frekvencija predstavlja broj promena u sekundi. Ne postoji jedinica za "broj promena", ali 1 sekund je osnovna jedinica. Jedinica frekvencije se može izraziti kao:

(jedinica frekvencije) = (jedinica broja promena)/(jedinica vremena)

$$\text{Hz} = 1 / \text{s}$$

Ovo je primer jednostavne jednačine jedinica jediničnog sistema.

Druge jedinice (npr. volt ili om) nisu izvedene tako lako.

Ako jedan naizmjenični signal ima nisku frekvenciju, mi to nazivamo nizak signal frekvencije. Struja koja teče kroz kalem mikrofona je nisko frekventna struja. Zvuk koji čujemo je između 16 Hz i 20 kHz. Električni signali na tako niskim frekvencijama se nazivaju nisko frekventni signali. Električna struja koja teče kroz kabl između antene i televizora je visoko frekventna struja.

U našem eksperimentu, koristićemo samo nisko freventne naizmenične struje.

OTPORNIK

Otpornik je obično jedna keramička cev obložena nekim otpornim materijalom (npr. grafit ili metal). Na kraju cevi se nalaze dve žice preko kojih je otpornik povezan sa strujnim kolom. Otpornik i njegove oznake su prikazani na slici f.) i g.).

Slika f.) Otpornici

Slika g.) Znak za otpornik

Ukoliko karakteristike otpornika uporedimo sa vodenim tokom, otpornik bi bio strmi deo creva kroz koji voda teče. Što je cev nagnutija, vodi je teže da prolazi. Struja koja teče kroz otpornik zavisi od napona na konekcijama i otpora samih otpornika. Što je veći napon, više struje će teći kroz otpornik. Pri istom naponu, više struje će teći kroz otpornik sa manim otporom. Ovo možemo izraziti jednačinom:

$$I = U / R,$$

kod koje je I struja koja teče kroz otpornik, U je napon na kontaktu otpornika i R je otpor otpornika. Jednačinu možemo okrenuti da bi dobili

$$U = I \cdot R$$

Ovo je Omov Zakon, koji je ime dobio po nemačkom fizičaru Džorž Simonu Omu, koji je proučavao vezu između električne struje, napona i otpora u električnom strujnom kolu. Jedinica za električni otpor je om i njena oznaka je veliko grčko slovo omega (Ω). Isto kao i kod ostalih jedinica, koristimo prefikse za veće vrednosti, npr. kilo i mega: 1 kilo-

om je jedna hiljada oma i jedan megaom je jedan milion oma.

Kako su otpornici obično mali, brojevi na njima se brzo brišu usled trenja. Da biste lakše pronašli različite otpornike, vrednosti otpornika su označene trakama u boji. Kako čitamo te trake? Držite otpornik tako da vam je traka u boji bliže levoj strani otpornika. Ukoliko postoji nekoliko traka, najšira od njih će biti na pravoj strani. Na jednom otporniku može postojati tri do pet traka. Ukoliko ih je više od tri, traka na desnoj strani je ona koja važi. Ukoliko postoji tri ili četiri trake, onda prve dve prikazuju numeričke vrednosti a treća broj nula koje prate brojeve. Ako postoji pet linija, prve tri prikazuju numeričke vrednosti, a četvrta nule koje slede.

Kodovi boja su dati u tabeli koja sledi:

- 0 crna
- 1 braon
- 2 crvena
- 3 narandžasta
- 4 žuta
- 5 zelena
- 6 plava
- 7 ljubičasta
- 8 siva
- 9 bela

Iste boje se koriste da pokažu broj nula koje slede:

- 0 nijedna
- 1 jedna
- 2 dve

- 3 tri
- 4 četiri
- 5 pet
- 6 šest
- 7 sedam
- 8 osam
- 9 devet

Kada bi se neki otpornik označio otporom koji je ispod 10 oma, numerička vrednost bi bila prevelika. U ovom slučaju brojčana vrednost se deli sa deset ili sto.

Podeljeno sa deset	zlatna traka
Podeljeno sa sto	srebrna traka

Poslednja (četvrta ili peta) traka nam govori koliko je otpornik precizan. Sa proizvodne linije, otpornici ne izlaze potpuno jednaki. Otpornici za koje se pretpostavlja da su jednaki mogu se malo razlikovati. Ako uzmemo kutiju otpornika određene vrednosti otpora, recimo 100Ω, i ako izmerimo njihov otpor, dobijene vrednosti neće biti potpuno iste. Što je proizvodnja preciznija, ove razlike će biti sve manje. Kao što i sami pretpostavljate, naravno, sigurniji otpornici su mnogo skuplji. Uzimajući u obzir korišćenje i cenu elemenata, korisnik mora da odluči o željenoj sigurnosti neophodnih elemenata. Proizvođači često garantuju sigurnost svojih proizvoda. Ukoliko je sigurnost otpornika označena, biće označena trakama u sledećim bojama:

- ± 10% srebrna
- ± 5% zlatna
- ± 1% braon
- ± 2% crvena
- ± 0,5% zelena
- ± 0,25% plava
- ± 0,1% ljubičasta
- ± 0,05% siva

Tako otpornik otpora 100Ω čija je sigurnost ±10% će imati otpor između 90Ω i 110Ω. Da pogledamo neke primere:

Otpornik sa tri trake: braon, crna, crvena.

Vrednost je: jedan, nula, dve nule: 1.000Ω.

Otpornik sa četiri trake: narandžasta, narandžasta, narandžasta, zlatna

Vrednost je: tri, tri, tri nule: 33.000Ω

Tačnost: ± 5%

Otpornik sa pet traka: crvena, crna, zelena, zlatna, (široka) crvena.

Vrednost je: dva, nula, pet, podeljeno sa deset: 20,5Ω

Tačnost: ± 2%

Ukoliko nam treba jači otpornik, on će obično biti veći. Veoma snažni otpornici su napravljeni tako da je žica otpornika namotana oko keramičke cevi. U našim eksperimentima, mi nećemo koristiti takve otpornike.

Nekada nam trebaju otpornici koji brzo mogu da promene vrednosti. Zamislite da imamo klizeći kontakt kod našeg otpornika. Kada se promeni tačka kontakta, otpor između kontakta i klizača se menja. Takvi otpornici se nazivaju potenciometri. Kod potenciometara, otporni sloj se nalazi tankom obodu u obliku prstena. Klizač je priljubljen za telo otpornika. Primer za korišćenje potenciometra je u eksperimentu gde podešavamo jačinu radio prijemnika. Kako je kućište potenciometra dovoljno veliko, vrednost otpora je na njemu ispisana brojevima, npr. 50K (50k Ω).

Ukoliko želimo da koristimo potenciometar kao podesivi otpornik, povezaćemo ga sa strujnim kolom na jednom krajnjem izlazu, a onda povezati srednji izlaz za klizač. Kada se klizač nastavlja na krajnji izlaz, otpor je mali ili zanemarljiv. Kada se klizač nalazi na suprotnom kraju, otporni sloj u celini leži između spojeva – kontakata, i otpor potenciometar pruža najveći mogući otpor. To je otpor koji je naveden na kućištu potenciometra.

Kada koristimo potenciometar kao jedan podesivi otpornik, koriste se samo dva izlaza: središnji izlaz i jedan od krajnjih izlaza. Na dijagramima, takvi podesivi otpornici se često prikazuju u vidu otpornika koji je precrtan strelom. Uopšte na dijagramima, element koji je precrtan strelom označava da je element podesiv.

Slika h.) pokazuje simbole za potenciometar i potenciometar koji se koristi kao podesivi otpornik.

Slika h.) Simbol za potenciometar

KRATAK SPOJ

Otpor neke žice je, u poređenju sa nekim drugim elementom strujnog kola, je veoma mali. Možemo reći da je nula.

Ukoliko žicu povežemo paralelno sa drugim elementom, struja će prolaziti kroz žicu, pre nego kroz element. Možemo reći da je struja odabrala "lakši" put. Takva prečica se naziva kratak spoj. Kratak spoj se takođe može postići pritiskom na dugme ili škljocanjem prekidača.

OTVORENI KONTAKT

Ukoliko kolo prekinemo u nekoj tački, put prolaska struje će biti prekinut, jer struja ne može da prolazi kroz vazduh. Ta tačka se naziva otvoreni kontakt. Ukoliko se jedan kontakt takvog elementa nalazi u vazduhu, struja kroz njega ne može da teče.

UZEMLJENJE

Često ćemo koristiti termin "uzemljenje". Na polju elektronike, to obično označava deo kola koji je povezan sa negativnim polom baterije. U autu, za svaki provodnik koji je povezan sa karoserijom automobila možemo reći da je uzemljen. Kod naših strujnih kola, to će značiti da je povezan sa negativnim polom baterije.

Osim ako nije eksplicitno navedeno, napon se obično meri između određene tačke i zemlje, ili negativnog pola baterije. Tako ukoliko vidite da na kolektoru piše 9V, napon se meri između kolektora i negativnog pola baterije. Simbol za uzemljenje je dat na slici i.)

Slika i.) Simbol za zemlju

ELEKTRIČNI KONDENZATOR

Električni kondenzator je napravljen od dve paralelne ploče koje su podeljene slojem koji ne provodi struju. Da bi bio što manji, urolan je kao maramica. Sposobnost električnog kondenzatora da prihvati određeno električno punjenje se naziva kapacitet. Jedinica kapaciteta je farad (F), nazvana po engleskom fizičaru Majkl Faradeju. Simbol kapaciteta je C.

Farad je veoma velika jedinica, tako da mi koristimo manje jedinice: mikrofarad (μF) je milioniti deo farada i jedan nanofarad (nF) je još hiljadu puta manji. Numerička vrednost kapaciteta je obično navedena na električnom kondenzatoru.

Šta bi električni kondenzator bio kada se radi o našim eksperimentima sa kofama vode? Pretpostavimo da prazan balon stavimo na kraj creva i napunimo ga vodom. Ako onda uklonimo kofu, voda će grnuti. Što je balon veći, u njega će stati više vode. Ukoliko kofu stavimo na viši nivo, balon će primiti više vode.

Visina kofe na gornjem nivou kod kondenzatora predstavlja napon na njegovim izlazima, veličina balona predstavlja kapacitet, a količina vode koju balon prima predstavlja električno punjenje.

Kapacitet kondenzatora je:

$$C = Q / U$$

Q je električno punjenje (izraženo u kulonima, C) na pločama kondenzatora, U je napon na izlazima kondenzatora (u voltima, V). Što je veći kapacitet kondenzatora, on će primiti više električnog punjenja sa istim naponom.

Slika j.) Simbol za običan i elektrolitički kondenzator

Kondenzatori koji su korišćeni u našim eksperimentima su različitih oblika i veličina. Neki su u obliku tableta sa žicama na obe ploče. To su keramički kondenzatori. Drugi imaju oblik plastičnih cilindara ili kocki. Oni su urolani unutar kućišta. Treća vrsta su elektrolitički kondenzatori. Kod njih je veoma važno na koji način su povezani. Koji kontakt ide ka pozitivnom a koji ka negativnom polu kola je obično navedeno na kućištu elektrolitičkih kondenzatora. Na kućištu elektrolitičkih kondenzatora takođe je naveden i najveći napon koji mogu da prihvate. Ukoliko kondenzator povežemo sa višim naponom, unišćemo ga.

Slika k.) Kondenzatori

Elektrolitički kondenzatori imaju kapacitet od nekoliko mikrofarada. Obični i elektrolitički kondenzatori i njihovi simboli su dati na slikama j.) i k.).

KALEM

Kalem je duga žica namotana na nosač. Ukoliko dopustimo da električna struja teče kroz kalem, ponašaće se kao magnet. Možemo posmatrati kako konektovani kalem privlači metalne predmete, kao što je žica, šrafovi, vijci, itd.

Kalem odoleva promenama struje koja teče kroz njega. Probušeno crevo kroz koje teče voda će se slično ponašati ako je crevo dugačko i u njemu ima mnogo vode. Kada sa česme uklonimo crevo, voda će nastaviti da teče neko vreme pre nego što se smiri i potpuno prestane.

Karakteristika kalema je induktivni otpor. Jedinica induktivnog otpora naziva se henri (H), po engleskom fizičaru Džozefu Henriju. Simbol induktivnog otpora je L.

Kalem i njegov simbol su prikazani na slikama l.) i m.).

Slika l.) Kalem

Slika m.) Simbol za kalem

TERMISTOR

Termistor je specijalna vrsta otpornika. Ima svojstvo da se njegov otpor znatno menja ukoliko ga zagrevamo. U zavisnosti da li se otpor smanjuje ili se povećava kada ga zagrevamo, kažemo da termistor ima pozitivan ili negativan temperaturni koeficijent. Otpor termistora je uvek dat na sobnoj temperaturi (20°C). U ovom kompletu se nalazi termistor kod koga se otpor smanjuje ukoliko se zagreva.

Spolja, termistori često liče na keramičke kondenzatore. Otpor je naveden brojevima ili bojama, pri čemu se prva boja nalazi na suprotnoj strani od izlaznih žica. **Termistor i njegovi simboli su dati na slikama n.) i o.).**

Slika n.) Simbol za termistor

Slika o.) Thermistor

SIJALICA

U kompletu se takode nalazi i sijalica koju ćemo koristiti u našim eksperimentima. Sijalica, sijalino grlo i simbol za sijalicu su dati na slikama p.) i s.)

Sijalicu sa vlaknom su skoro simultano izumeli jedan američki i jedan britanski pronalazač: Tomas Alva Edison i Ser Džozef Vilson Svan.

Slika p.) Simbol za sijalicu

POLUPROVODNIČKA DIODA

Poluprovodnička dioda ima svojstvo materije koja provodi električno punjenje samo pod specifičnim uslovima.

Svojstvo poluprovodničke diode je da provodi električno punjenje samo u jednom pravcu. Prilikom povezivanja diode sa strujnim kolom, moramo paziti da diodu okrenemo u pravilnom smeru. Smer punjenja je naznačen na diodi. Pozitivan kontakt diode se naziva anoda, a negativan atoda. Električno punjenje će teći kroz diodu kada je anoda povezana sa pozitivnim, a anoda sa negativnim polom baterije.

Slika r.) Simboli za diodu i diodu koja emituje svetlost

Ukoliko je dioda cilindrična, katoda će biti označena linijom u boji, ili će na njoj biti nacrtan simbol diode.

Varijanta diode je i dioda koja emituje svetlost (LED). Kada strujno punjenje teče kroz LED, ona svetli. LED diode mogu emitovati svetlost u raznim bojama, npr. crveno, zeleno, žuto. LED diode imaju kraći kontakt za katodu i prsten kućišta diode je odsečen na strani katode.

Različite vrste dioda i LED dioda kao i njihovi simboli su dati na slikama r.) i s.).

Slika s.) Sijalica i dioda

TRANZISTOR

Tranzistor je predstavljao rezultat istraživačkog rada izvođenog u američkoj korporaciji Bell. Izumeli su ga Valter H. Bratain, Džon Bardin i Vilijam Šokli 1948. godine. Otkriće tranzistora je pokrenulo nezadrživi talas u razvoju elektronike koja napreduje do današnjih dana. Tranzistor je poluprovodljivi element sa tri izlaza. Ima svojstvo da se njegov otpor menja u zavisnosti od strujnog punjenja koje ide kroz njegov kontrolni izlaz.

Kako možemo objasniti ponašanje tranzistora uz pomoć analogije toka vode? Pretpostavimo da smo na jedno crevo stavili ventil. Opruga drži ventil zatvoren. Na samom ventilu postoji duga ručka na kojoj je mala posuda sa rupom kroz koju kaplje voda. Kroz tanko crevo usmeravamo vodu iz kofe na gornjem nivou ka maloj posudi. Posuda će

se napuniti, ručica ventila će se pokrenuti i otvoriti ventil na velikom crevu. Sada mnogo više vode može da teče kroz njega. Kada zatvorimo malo crevo, voda će kapati izvan posude, opruga će vratiti ručicu nazad i zatvoriti ventil. Sa malom količinom vode, mi i dalje možemo kontrolisati tok vode kroz veće crevo.

Veće crevo je do ventila dovedeno od rezervoara. Ovaj spoj na ventilu se naziva kolektor. Tok vode kroz veće crevo se kontroliše uz pomoć toka koji vodi od tankog creva do male posude. Mala posuda se naziva baza. Od našeg ventila i od posude, voda teče do druge posude (koja se naziva odašiljač), odakle voda teče u kofu na nižem nivou.

Kod tranzistora, tri spoja se nazivaju kolektor, baza i odašiljač. Spojevi su retko označeni na kućištu tranzistora. Ako jesu, obično je to odašiljač. Ali spojevi nisu uvek raspoređeni tako da je baza u sredini, kao na našem dijagramu. Da bismo znali kako su raspoređeni kontakti, obično moramo pogledati katalog u kome je data specifikacija tranzistora.

Slika t.) Simbol tranzistora

Na slici u.) su date neke različite vrste tranzistora. Prikaz t.) pokazuje raspored kontakata za tranzistor BC548, kao što je tranzistor iz ovog kompleta (tri dela).

Dijagram takođe daje simbol tranzistora. Debeli linija je baza. U produžetku baze je osna linija što predstavlja kolektor. Treća linija ima strelicu u smeru toka električnog punjenja kroz tranzistor. Ukoliko je strelica usmerena od baze, električno punjenje ide iz odašiljača i to je onda NPN tranzistor. Ukoliko je strelica usmerena ka bazi, onda je to PNP tranzistor.

U oba slučaja princip je isti, samo što električno punjenje ide u različitim smerovima. U ovom kompletu se nalaze samo NPN tranzistori .

Slika u.) Različite vrste tranzistora

STRUJNA PLOČA

Sve eksperimente opisane u ovom priručniku ćete raditi na strujnoj ploči. Ploča je napravljena tako da se izbegne potreba za lemilom, šrafciđerom ili kleštima. Sva strujna kola se mogu naravno ručno. Strujna ploča ima rupa. Prilikom sklapanja strujnog kola, proverite raspored kontakata na dijagramu. Tek onda spojite osigurače kontaktne opruge kao što je prikazano na prikazu v.).

Ukoliko žicu stavite samo kroz jedan navoj opruge, brzo će ispasti, i strujno kolo neće funkcionisati. Stoga treba da žicu provučete kroz najmanje dva navoja. Naravno, u tački kontakta treba ukloniti izolaciju. Prikaz z.) pokazuje pravilno uvučenu žicu.

Pažljivo pripremite element koji nameravate da povežete. Nikada ne savijajte izlazne žice na mestu gde su priljubljene sa elementom. Kada se na tom mestu saviju nekoliko puta, žica će postati pljosnata i element će biti beskoristan.

Bateriju spojite sa strujnom pločom da biste sprečili da ona svojom težinom napravi rupu. Ovo možete uraditi sa materijalom iz ovog kompleta (žica i osigurači opruge).

Sada kada smo nešto naučili o osnovnim komponentama kompleta, možemo početi da sastavljamo strujna kola. Za svako strujno kolo, najpre dobro proučite kako se pravi. Zatim u kompletu pronađite komponente. Osigurač opruge stavite onako kako je prikazano na dijagramu. Uporedite šemu i dijagram.

Tada možete početi sa sklapanjem strujnog kola. Najpre, stavite osigurače opruge, zatim žice, prekidače, otpornike, kondenzatore, itd. Pre povezivanja baterije, proverite da li ste pravilno sklopili sve elemente. Proverite dobro da li ste povezali poluprovodničke elemente i elektrolitičke kondenzatore pravilno!

Ako niste napravili ni jednu grešku, strujno kolo treba da funkcioniše normalno. Ako ne funkcioniše, odmah diskonektujte bateriju i probajte da nadete uzrok problema.

Srećno, i zabavite se!

Slika v.) Ubacivanje žabica na osnovnu ploču

Slika z.) Provlačenje žice kroz oprugu

SADRŽAJ KOMPLETA

No.	Element	Pieces
1.	Osnovna ploča	1
2.	spring clip	30
3.	sijalica 12V/ 0.05A	1
4.	sijalično grlo	1
5.	prekidač	1
6.	kućište baterije od 9V	1
7.	magnet	1
8.	relej	1
9.	tranzistor BC548	3
10.	crveni LED	1
11.	zeleni LED	2
12.	mikrofon od 0.5W, 8 Ω	1
13.	diode 1N4004	2
14.	termistor NTC 10 k Ω	1
15.	rid relej	1
16.	indikator vlažnosti	1
17.	potencijometer 100 Ω	1
18.	potencijometer 10 k Ω	1
20.	otpornik 33 Ω , 0.5W	1
21.	otpornik 56 Ω , 0.5W	1
22.	otpornik 100 Ω , 0.5W	1
23.	otpornik 270 Ω , 0.5W	1
24.	otpornik 1 k Ω , 0.5W	2
25.	otpornik 2.2 k Ω , 0.5W	1
26.	otpornik 5.6 k Ω , 0.5W	1
27.	otpornik 22 k Ω , 0.5W	3
28.	otpornik 100 k Ω , 0.5W	1
29.	keramički kondenzator 1.5 nF	1
30.	keramički kondenzator 10 nF	2
31.	keramički kondenzator 47 nF	1
32.	keramički kondenzator 100 nF	1
33.	elektrolitički kondenzator 100 μ F/16V	2
34.	elektrolitički kondenzator 1,000 μ F/16V	1
35.	provodljiva struja, 55 mm	4
36.	provodljiva žica, 100 mm	6

37.

provodljiva žica, 150 mm

4

STOTINU STRUJNIH KOLA !

1. PROSTO ELEKTRIČNO KOLO

Stavite sijalicu u sijalčno grlo. Povežite sijalicu i žice iz baterije kako je prikazano na priazu 1. Zatim povežite – konetujite bateriju. Struja će teći od pozitivnog pola baterije kroz žicu sve do sijalice i kroz drugu žicu do negativnog pola. Sijalica će svetleti sve dok baterija ne presuši ili vi ne prekinete strujno kolo.

2. ELEKTRIČNO STRUJNO KOLO SA PREKIDAČEM

Dodajte jednu oprugu i povežite prekidač sa strujnim kolom. Sijalica će svetleti samo ada je prekida na poziciji ON.

3. SERIJSKA VEZA DVA ELEMENTA

Na tablu sa strujnim kolom dodajte još jednu oprugu. Promenite strujno kolo tako što ćete povezati jedan otpornik od 56Ω između prekidača i sijalice. Kada pritisnete prekidač, sijalica će svetleti malo slabije nego ranije.

Slika 1

Slika 2

Slika 3

4. DA LI JE BITNO KAKO SMO POVEZALI OTPORNIK?

U istom strujnom kolu (Slika 3), priključite izlazne žice otpornika. Kada pritisnete prekidač, sijalica će svetleti istim intenzitetom kao ranije. Ovo pokazuje da nema razlike u načinu povezivanja otpornika. Ako pogledate dijagrame, videćete da su isti u oba slučajja. Na dijagramu strujnog kola nema indikacije kako treba okrenuti otpornik. To znači da to nije značajno za funkcionisanje strujnog kola.

5. DA LI JE VAŽNO KAKO SMO POVEZALI SIJALICU?

Možemo izvesti eksperiment kao što smo uradili sa otpornikom. Zamenite mesta konekcije sijalice. Opet, i od sijalice nije važno na koji način smo je povezali sa strujnim kolom. Dijagram ne pokazuje na koju stranu sijalica treba da bude okrenuta i opruga koja je konektuje nije posebno označeno. To znači da to nije značajno za funkcionisanje strujnog kola.

Slika 5

6. DA LI JE REDOSLED SERIJSKI POVEZANIH ELEMENATA VAŽAN?

Elementi strujnog kola su baterija, prekida, otpornik i sijalica (figure 5). Zamenite mesta bilo koja dva elementa i testirajte strujno kolo. Ponašaće se potpuno isto kao i ranije. Bez obzira od nain povezivanja elemenata, električna struja ide od pozitivnog pola baterije, kroz sve elemente zatvorenog strujnog kola. Ukoliko imamo nekoliko elementa serijski povezanih u strujno kolo, redosled njihovog povezivanja ne utiče na funkcionisanje strujnog kola.

7. STRUJA KOJA TEČE KROZ OTPORNIK

Konektivnu žicu koja kreće od pozitivnog pola baterije ostavite slobodnu. Sijalica neće svetleti jer je strujno kolo prekinuto. Ukoliko dodirnete oprugu prvom žicom, sijalica će zasvetleti. Ukoliko dodirnete oprugu drugom žicom, sijalica će svetleti smanjenim intenzitetom.

Sijalica emituje više svetlosti kada je struja koja kroz nju prolazi jača. Možemo zaključiti da je više struje prolazilo kroz sijalicu kada smo žicu povezali sa oprugom. U prvom slučaju, struja je išla kroz otpornik od 33Ω , a onda kroz sijalicu nazad do baterije. U drugom slučaju, jedina razlika je otpornik od 100Ω . Struja u drugom slučaju je bila slabija jer je otpor OTPORNIKA bio veći.

Slika 7

8. ELEKTRIČNO STRUJNO KOLO SA PODESIVIM OTPORNIKOM

Sklopite strujno kolo kako je prikazano na slici 8. Kada ste prekidač stavili na poziciju on, okrenite osovinu potenciometra levo i desno. Kada je otpor potenciometra najslabiji, sijalica će najjače goreti. Setite se Omovog zakona: pri istom naponu, struja je jača ako je otpor slabiji. Šta su otpornici kod strujnog kola. To su: sve žice, sijalica i potenciometar. Prekidač, kada se nalazi na poziciji on, pratino nema otpora. U poređenju sa otporom drugih otpornika sijalice, otpor žica koje služe za povezivanje je minimalan i možemo ga ignorisati.

Struja koja teče kroz sijalicu je jednaka struji koja teče kroz potenciometar. Omov zakon se primenjuje u svim slučajevima, kako za sijalicu tako i za potencijometar. Otpor celokupnog strujnog kola možemo označiti sa R , otpor sijalice sa R_b i otpor potenciometra sa R_p .

Ako je napon baterije U , tada je:

$$U = I \cdot R,$$

Pri čemu je I struja koja tee kroz strujno kolo a R je otpor celog strujnog kola.

Napon po potenciometru je:

$$U_p = I \cdot R_p,$$

Dok je napon po sijalici

$$U_b = I \cdot R_b.$$

Napon baterije se deli između sijalice i potenciometra. Napon po bateriji je jednak zbiru napona po sijalici i potenciometru.

$$U = U_p + U_b$$

Ukoliko u strujnom kolu imamo nekoliko otpornika, napon po po bateriji bi bio jednak zbiru napona po svim otpornicima u strujnom kolu. Ovo je poznati Kiršofov zakon napona ili Kiršofov drugi zakon, po fizičaru Gustavu Robertu Kiršofu.

Ova jednačina takode može biti napisana kao:

$$I \cdot R = I \cdot R_p + I \cdot R_b$$

Ukoliko levu i desnu stranu jednačine podelimo sa I , dobijemo još jedan tačan oblik jednačine:

$$R = R_p + R_b.$$

Znači: ukupan otpor serijski povezanih elemenata u strujnom kolu je jednak zbiru svih otpornika strujnog kola.

Ukoliko izmenimo vrednost potenciometra R_p , doći će do promene otpora celokupnog strujnog kola promeniti, a takode će se promeniti i električna struja. Kao rezultat, doći će i do promene svetlosti koju emituje sijalica.

Ako se vratimo na analogiju sa kofama sa vodom, serijsko povezivanje dva otpornika (ne smemo zaboraviti da sijalica takode pretstavlja otpornik) bi bila jednaka slučaju sa vodom iz kofe na gornjem nivou, koja najpre teče kroz jedno crevo, a zatim kroz drugo sve do kofe na donjem nivou.

Slika 8

Ponekad nemamo otpornik tražene vrednosti otpora. Ukoliko imamo dva otpornika čiji zbir odgovara traženoj vrednosti otpora, možemo ih serijski povezati u strujno kolo. Zamena za otpor se može sastaviti od nebrojeno serijski povezanih otpornika. Ukupan otpor je jednak zbiru otpora svih serijski povezanih otpornika u strujnom kolu:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

R je otpor svih serijski povezanih otpornika sabranih zajedno.

R_1, R_2, R_3, \dots su otpori pojedinačnih serijski povezanih otpornika.

Otpor celog lanca serijski povezanih otpornika je uvek veći od otpora otpornika najveće vrednosti otpora.

9. PODELA NAPONA NA DVA SERIJSKI POVEZANA OTPORNIKA

Kod strujnog kola na slici 9, dva otpornika su serijski povezani. Žicu povezanu za žabicu 3 ostavite slobodnu.

Ukupan otpor serijski povezanih otpornika je:

$$R = R_1 + R_2 \text{ ili}$$

$$R = 56\Omega + 33\Omega \text{ ili}$$

$$R = 89\Omega$$

Ukupan otpor serijski povezanih otpornika je veći od pojedinačnog otpora najvećeg otpornika.

Struja koja teče iz baterije kroz otpornike je, prema Omovom zakonu:

$$U = I \cdot R$$

Ukoliko gore navedenu jednačinu podelimo sa R dobijamo:

$$I = U / R, \text{ iz čega sledi da je:}$$

$$I = 9V / 89\Omega$$

ili otprilike:

$$I = 0,1 \text{ A}$$

Za izračunavanje napona po pojedinačnim otpornicima, ponovo koristimo Omov zakon:

$$U = I \cdot R$$

Označićemo napon po otpornicima R_1 i R_2 sa U_1 i U_2 . Tako sledi da je:

$$U_1 = I \cdot R_1$$

ili

$$U_1 = 0,1 \text{ A} \cdot 56 \Omega$$

$$U_1 = 5,6 \text{ V}$$

Slično tome:

$$U_2 = I \cdot R_2$$

$$U_2 = 0,1 \text{ A} \cdot 33 \Omega$$

$$U_2 = 3,3 \text{ V}$$

Napon baterije je jednaka zbiru napona po otpornicima:

$$U = U_1 + U_2$$

$$U = 5,6 + 3,3$$

$$\text{otprilike:} \quad U = 9 \text{ V.}$$

Slika 9

Odstupanja se mogu ignorisati jer je to rezultat aproksimacije struje koja teče iz baterije kroz otpornike.

Ako imamo dva serijski povezana otpornika, napon će biti veći po onom otporniku koji ima veći otpor. Hajde da proverimo!

Dodirnite žabicu 1, a zatim i žabicu 2 slobodnim krajem žice. Ponovite to nekoliko puta. U prvom slučaju, svetlo će biti jače nego u drugom. To je i razumljivo jer se veći deo ukupnog napona baterije nalazi na prvom otporniku, a manji na drugom.

10. STRUJNO KOLO SA DIODOM KOJA EMITUJE SVETLOST

Ovde imamo strujno kolo sa potenciometrom od 10k Ω , koje je serijski povezano sa otpornikom od 1k Ω . Pazite kako okrećete diodu koja emituje svetlost (LED)!

Za ovaj eksperiment, koristite crvenu LED.

Okrenite potenciometar levo i desno. Intenzitet svetlosti diode će se promeniti.

Okrećite potenciometar sve dok dioda ne svetli potpuno prigušeno. Sada imamo otpornik od $1k\Omega$ i potenciometar od $10k\Omega$; ukupan otpor je tako $11k\Omega$.

Sada okrenite potenciometar do najjače svetlosti diode. Klizač potenciometra će dodirnuti izlaz na potenciometru. Na ovoj poziciji, otpor potenciometra je najniži; možemo slobodno reći da ne postoji. U ovom slučaju, ukupan otpor otpornika i potenciometra je $1k\Omega$.

Sve što se dešava je potpuno u skladu sa Ohmovim zakonom. Kada se otpor potenciometra uvećava, ukupan otpor svih serijski povezanih elemenata (potenciometar, otpornik, dioda);

Otpor prekidača je zanemarljiv) se takođe uvećava. Tako će struja koja teče iz baterije biti manja i dioda će manje svetleti.

Strujno kolo će takođe raditi bez otpornika $1k\Omega$, ali moramo biti vrlo pažljivi da nikada

Slika 10

potenciometar ne okrenemo na njegovu nultu vrednost, jer bi na toj poziciji struja koja teče kroz diodu bila isuviše jaka i oštetila bi ga. Da bismo ovo izbegli, u strujno kolo smo uključili otpornik koji je serijski povezan sa potenciometrom, tako da ukupan otpor otpornika i potenciometra nikada ne može biti nula, i dioda je zaštićena od preterano jake struje.

Kod koga strujnog kola više struje teče iz baterije: kod ovog ili kod onog sa sijalicom?

Kod onog sa sijalicom, jer, prema Ohmovom Zakonu, struja istog napona je je jača ako je otpor veći.

$$I = U / R$$

Ukoliko ih ostavimo konektovane duže vreme, koja od njih će duže svetleti, sijalica ili dioda? LED dioda. Sijalici je neophodna jača struja i baterija će se ranije isprazniti. Ovo nemojte proveravati jer ćete morati da kupite novu bateriju za eksperimente koji slede.

11. DA LI JE VAŽNO KAKO SMO KONEKTOVALI LED ANODU?

Zamenite mesta spojevima na LED diodi. Kada pritisnete prekidač, dioda ne svetli. Zašto?

Pokušajte da se priselite opisa diode. Električna struja teče kroz diodu samo u jednom pravcu. Ako je LED konektovan za strujno kolo u pogrešnom pravcu, električna struja neće moći da teče i ona neće svetleti.

Uopšte, morate zapamiti koliko je važno kako okrećemo poluprovodnik diode. Ukoliko je dioda pogrešno povezana, strujno kolo neće funkcionisati i postoji mogućnost da takvom napažnjom dioda (ili neki elementi strujnog kola) izgore. Pre povezivanja poluprovodničke diode na elektrino strujno kolo, uvek proverite da li je dioda pravilno okrenuta.

Slika 11

12. STRUJNO KOLO SA DVE LED ANODE OKRENUTE U SUPROTNIM SMEROVIMA

Slika 12

Strujnom kolu iz prethodnog primera dodajte još jednu (zelenu) LED anodu. Povežite je sa strujnim kolom paralelno sa drugom diodom, ali je okrenute na drugu stranu. Pritisnite prekidač. Crvena LED dioda će sijati isto kao i pre. Zelena dioda neće sijati jer je okrenuta tako da struja kroz nju ne može da prolazi. Sada zamenite mesta žicama kojima je baterija povezana. Pritisnite prekidač i zelena dioda će sijati. Pošto su spojevi baterije priključeni, električna struja sada ide u suprotnom smeru. Struja sada prolazi kroz zelenu diodu jer je crvena dioda okrenuta tako da ne može da provodi struju.

13. STRUJNO KOLO SA SIJALICOM I LED ANODOM (1)

Strujno kolo je napravljeno tako da struja može da prolazi kroz svoje dve paralelne grane. Na jednoj grani imamo serijski povezanu sijalicu i običnu diodu, a na drugoj otpornik i LED anodu. Kada pritisnemo prekidač, sijalica i LED anoda će zasvetleti.

Slika 13

14. STRUJNO KOLO SA SIJALICOM I LED ANODOM (2)

Okrenite običnu diodu. Sada će sijati samo LED anoda. Očigledno, struja ne prolazi kroz granu gde je sijalica, jer je dioda okrenuta tako da ne može da provodi električnu struju.

15. STRUJNO KOLO SA SIJALICOM I LED ANODOM (3)

Sada su obična dioda i LED dioda okrenute u suprotnom pravcu. Zamenite mesta žicama koje su povezane za bateriju. Sijalica će svetleti, ali ne i LED anoda. LED anoda je sada okrenuta tako da ne može da provodi električnu struju. U zavisnosti od toga kako je baterija povezana, sijaje LED anoda ili sijalica.

Slika 14

Slika 15

16. PARALELNA KONEKCIJA

Sada imamo dve grane strujnog kola, jedna sa crvenom LED anodom i druga sa zelenom. Proverite polaritet LED anoda!

Ako je strujno kolo pravilno uspostavljeno, LED anode će sijati otplilike istim intenzitetom. Struja teče od pozitivnog pola baterije, deli se na dva dela, jedan deo teče kroz zelenu LED anodu, a drugi kroz crvenu.

Slika 16

17. PROMENA SMERA STRUJNOG KOLA U GRANAMA PARALELNE VEZE

Na strujno kolo dodajte još jednu oprugu. Prekinite vezu jedne grane strujnog kola, i između otpornika od 1 k Ω i crvene LED anode povežite potencijometar od 10 k Ω . Povežite strujno kolo i bateriju. Kada okrenete potencijometar, sjaj crvene diode će se promeniti, dok se sjaj zelene diode neće.

Slika 17.

Električna struja prolazi od pozitivnog pola baterije kroz provodnik od žice. Ovde se, deli na dva dela: jedan deo prolazi kroz otpornik i zelenu LED anodu, a druga teče kroz otpornik, potencijometar i zelenu LED anodu. Otpor grane sa potencijometrom je definitivno veći, tako da kroz nju prolazi manje struje i zelena dioda manje sija.

Struju koja teče iz baterije označite sa I, struju koja teče kroz zelenu diodu sa I_g a ukupan otpor ove grane sa R_g. Ako zatim struju koja teče kroz otpornik, potencijometar i crvenu diodu označimo sa I_r, a ukupan otpor ove grane strujnog kola sa R_r, sledi:

$$I = I_g + I_r$$

Drugim rečima: struja koja teče iz jednog provodnika kroz nekoliko paralelnih grana jednaka je zbiru svih struja koje teku kroz pojedinačne grane strujnog kola. Ovo je Kiršofov zakon o toku struje, Kiršofov prvi zakon.

Za celokupno strujno kolo:

$$I = U / R$$

Ovde, R je ukupni otpor strujnog kola.

Struja koja teče kroz zelenu LED anodu je:

$$I_g = U / R_g$$

R_g je otpor grane sa zelenom diodom.

Struja koja teče kroz crvenu diodu je:

$$I_r = U / R_r$$

R_r je otpor grane sa crvenom diodom.

Prema Prvom Kiršofovom zakonu:

$$I = I_g + I_r$$

ili

$$U / R = U / R_g + U / R_r.$$

Napon baterije je jednak naponu obe grane. Ukoliko jednačinu podelite sa U, još uvek će važiti, ali u drugačijem obliku:

$$1/R = 1/R_g + 1/R_r$$

Ovo znači: recipročna vrednost ukupnog otpora jednog strujnog kola je jednaka zbiru recipročne vrednosti otpora njegovih pojedinačnih paralelnih grana.

Ukoliko uzmemo zajednički imenilac za desnu stranu jednačine i okrenemo jednačinu, dobijamo:

$$R = R_g R_r / (R_g + R_r).$$

Kiršofov zakon opisan pomoću eksperimenta sa vodom: imamo jedno crevo iz kofe na gornjem nivou koje je podeljeno na dva creva. Voda teče iz kofe na gornjem nivou kroz ova dva creva do kofe na donjem nivou. Voda koja teče kroz prvo crevo se deli na dva pojedinačna paralelna creva kroz koja teče dalje.

Kako se voda ne gubi nigde, možemo zaključiti da je količina vode (kao i struje, koja teče kroz gornje crevo jednaka ukupnoj struji koja teče kroz paralelna creva.

Ponekad nemamo otpornik potrebne vrednosti, već imamo jači. Ukoliko imamo dva otpornika čiji je zbir recipročnih vrednosti u stvari potrebna vrednost, ne možemo ih paralelno povezati u strujno kolo. Potreban otpor se može dobiti sa proizvoljnog broja paralelno povezanih otpornika. Naravno, recipročna vrednost ukupnog otpora je jednaka zbiru recipročnih vrednosti svih otpornika u lancu:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \dots$$

R je ekvivalent otpora svih paralelno povezanih otpornika.

$R_1, R_2, R_3 \dots$ su pojedinačne vrednosti otpora otpornika.

Otpor paralelno povezanih otpornika je uvek manji od ukupnog otpora otpornika manjeg otpora.

18. JOŠ JEDAN PRIMER PARALELNOG POVEZIVANJA

Jednačina kojom izračunavamo ukupan otpor dva paralelna otpornika dokazuje da je ukupan otpor dva paralelna otpornika manji od otpora otpornika manje vrednosti.

Ovo možemo demonstrirati sledećim eksperimentom (Slika 18).

Jedan kraj otpornika od 33 Ω nije povezan ni sa čim. Otpornici od 56 Ω i 100 Ω su paralelno povezani. Njihova ukupna vrednost je:

Slika 18.

$$1/R = 1/56 + 1/100$$

$$1/R = 0,0178 + 0,01$$

$$1/R = 0,0278$$

Ako jednačinu pomnožimo sa R, dobijamo

$$1 = 0,0278 \cdot R$$

Ako onda jednačinu podelimo sa 0,0278, dobijamo

$$1/0,0278 = R$$

Ili, otprilike,

$$R = 36\Omega$$

Sada posmatrajte sjaj sijalice. Uklonite žicu sa žabice 1 i povežite je sa osiguračem 2. Struja sada teče kroz otpornik od 33 Ω -resistor.

Kako otpornik od 33 Ω ima skoro isti otpor kao i paralelni otpornici od 56 Ω i 100 Ω , sijalica jednako sija u oba slučaja.

Šta smo ovde naučili može biti veoma zgodno. Ukoliko nemamo određeni otpornik, možemo koristiti dva (ili više) otpornika koji su, umesto njega, povezani paralelno ili serijski.

19. ISTOVREMENA PROMENA SJAJA DVE LED ANODE

Sklopite strujno kolo kao ono na slici 19. Šta se dešava kada okrenete potencijometar? Na delu potencijometra na kome je klizač bliži spoju izlaza, otpor će biti manji a napon niži. Paralelno povezana dioda će na ovom delu strujnog kola slabije sijati.

20. STRUJNO KOLO SA SJAJLICOM I LED ANODOM U SERIJI

Sada smo naučili nešto o LED anodi. Kao što joj samo ime govori, ona emituje svetlost kada kroz nju prolazi struja u ispravnom pravcu. To je upravo i ono za šta ih i koristimo. Kada struja teče kroz diodu u ispravnom smeru, dioda treba da svetli.

Struja neophodna da bi dioda sijala je veoma niska, nekoliko miliampera. Ta struja je mnogo manja od one koja je neophodna za sijalicu. Zato i sijalica svetli mnogo blistavije. Ukoliko bi struja koja teče kroz sijalicu tekla kroz diodu, dioda bi izgorela.

Slika 19.

Ovim eksperimentom smo otkrili da je otpornik uvek serijski povezan sa diodom. On ima cilj da ograniči struju koja prolazi kroz diodu.

Slika 20

Kod dole navedenog strujnog kola videćemo da je struja neophodna da bi LED anoda svetlela je isuviše mala za sijalicu. Diodu nikada ne treba povezivati direktno za bateriju, bez serijski povezanog otpornika od 1k Ω . Ukoliko to uradite LED će u trenutku izgoreti!

21. ELEKTRČINI KONDENZATOR KAO IZVOR ELEKTRIČNE STRUJE

Sastavite strujno kolo kao na Slici 21. Pozitivan pol baterije ostavite da bude slobodan. Pritisnite prekidač! Da li će LED sijati?. Ne, jer nije povezan na električnu struju. Otpustite prekidač.

Sada dodirnite pozitivni pol električnog kondenzatora žicom koja ide od pozitivnog pola baterije. U električnom kondenzatoru nema električnog punjenja. On je prazan. Kada ga povežemo sa baterijom, električno punjenje će preći sa baterije na kondenzator. Sada je kondenzator napunjen i može poslužiti kao izvor električne energije.

Sada neka ostane slobodna žica koja ide od pozitivnog pola baterije i pritisnite prekidač. Iako baterija nije povezana, LED će svetliti!

Kako je snaga akumulirana u kondenzatoru ograničena, dioda će svetleti samo kratko. Ako posmatrate diodu videćete da se njena blistavost smanjuje. Električna struja ide od kondenzatora do LED diode. Kažemo da se kondenzator prazni.

Slika 21

22. KOJOM BRZINOM SE KONDENZATOR PRAZNI?

Umesto LED anode i serijski povezanog otpornika, povežite jednu sijalicu. Sijalica će zasvetleti samo na tren.

Ranije smo naučili da je sijalici više struje nego LED anodi.

To znači da sijalica ima manji otpor. Ako više struje teče od kondenzatora, on će se ranije isprazniti. To je razlog zašto sijalica sija kraće od diode.

Slika 22

23. KONDENZATOR SE MOŽE VIŠE PUTA PUNITI I PRAZNITI

Napravite malu izmenu u strujnom kolu. Žicu koja je vezanu sa sijaličnim grlom, ostavite slobodnu na drugom kraju.

Ovim krajem žice naizmenično dodirujte žabicu 1, a zatim i žabicu 2. Posmatrajte šta se događa.

Kada dodirnete žabicu 1, kondenzator se puni. Struja koja teče od baterije do elektrolitičkog kondenzatora takođe prolazi kroz sijalicu. Kada je kondenzator prazan, struja će biti jača i sijalica će svetleti. Kada se kondenzator puni, struja prestaje da teče i sijalica više ne svetli.

Ako žabicu 2 dodirnete slobodnom žicom, struja će teći od pozitivnog pola kondenzatora kroz sijalicu do negativnog pola.

U početku, kada je kondenzator potpuno napunjen, struja će biti jaka.

Kako se kondenzator bude praznio, struja će biti sve slabija i sijalica će svetleti sve slabije i slabije dok se potpuno ne ugasi.

Slika 23

24. NAIZMENIČNA STRUJA TAKODE MOŽE DA TEČE KROZ KONDENZATOR

Kada punimo kondenzator, struja teče u kondenzator; kada ga praznimo, struja teče iz njega. To znači da prilikom punjenja i pražnjenja kondenzatora, struja teče u suprotnim smerovima. Ovo možemo dokazati tako što ćemo strujno kolo sastaviti sa dve LED diode koje su okrenute u suprotnim smerovima i paralelno konektovane.

Drugi kraj žice konektovane za spajalicu 3 ostavimo slobodno. Ovim slobodnim krajem, ponovo naizmenično dodirujte spajalicu 1 i spajalicu 2. Posmatrajte šta se događa. Kao što znate, struja prolazi kroz diodu samo u jednom smeru. Dok se kondenzator puni, struja prolazi kroz crvenu LED anodu; a dok se prazni, struja prolazi kroz zelenu LED diodu.

Tako, crvena dioda će svetleti kada se kondenzator puni, a zelena kada se prazni.

Takođe smo naučili da struja u kondenzator više ne ulazi jednom kada je napunjen. Kondenzator tada zaustavlja tok direktne struje.

Dok se kondenzator puni i prazni, struja naizmenično teče ka i iz kondenzatora. Ako struja u jednom trenutku teče u jednom smeru a zatim u suprotnom kroz neki element, kažemo da kroz njega prolazi naizmenična struja. Ovaj eksperiment je dokazao da naizmenična struja može da prolazi kroz kondenzator.

Kondenzator od 1000 μF zamenite kondenzatorom od 100 μF one. LED anoda će sada svetleti kraće vreme. Manje električnog punjenja može da ide u kondenzator manjeg kapaciteta, i stoga će dioda svetleti kraće vreme.

Slika 24

25. PARALELNO POVEZIVANJE DVA KONDENZATORA

U ovom eksperimentu imamo dva paralelno povezana kondenzatora. . Kako se ponašaju dva paralelno povezana kondenzatora?

Setite se odnosa između punjenja kondenzatora i napona u tačkama kontakta:

$$C = Q/U$$

Kod napunjenog kondenzatora koji ima kapacitet C i napon U na tačkama kontakta, punjenje će biti

$$Q = C \cdot U$$

Ako imamo dva paralelno povezana kondenzatora, punjenje koje do njih dolazi putem jedne žice, će se deliti između dva kondenzatora:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

Slika 25.

Gde su Q_1 i Q_2 punjenja prvog i drugog kondenzatora.

Ako su njihovi kapaciteti označeni sa C_1 i C_2 a njihov ukupan kapacitet sa C , gornja jednačina se može napisati i kao:

$$C \cdot U = C_1 \cdot U_1 + C_2 \cdot U_2$$

Napon po spojevima oba kondenzatora je jednak, $U = U_1 = U_2$. Jednačinu možemo i ovako napisati:

$$C \cdot U = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U$$

Ako obe strane jednačine podelimo sa U , dobijamo formulu ukupnog kapaciteta dva paralelno povezana kondenzatora:

$$C = C_1 + C_2.$$

U našem slučaju, ukupan kapacitet dva kondenzatora je 200 μF . Indikacija za to će biti diode koje će svetleti duže nego u slučaju kada je samo jedan kondenzator od 100 μF bio povezan na strujno kolo.

Isto kao što menjamo otpor paralelnim povezivanjem otpornika, isto tako možemo izmeniti kapacitet paralelnim povezivanjem dva ili više kondenzatora.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \dots$$

C je kapacitet svih paralelno povezanih kondenzatora, a koji je ekvivalentan pojedinačnom kondenzatoru tog kapaciteta. Kapacitet nekoliko paralelno povezanih kondenzatora je uvek veći od kapaciteta kondenzatora najmanjeg kapaciteta.

26. SERIJSKO POVEZIVANJE KONDENZATORA

Hajde da strujno kolo izmenimo tako što ćemo serijski povezati kondenzatore. Ako slobodnom žicom dotaknete jednu pa drugu žabicu, videćete da LED svetli mnogo kraće nego u prethodnom eksperimentu.

Ovo ukazuje da je ekvivalent kapaciteta serijski povezanih kondenzatora manji od paralelno povezanih kondenzatora.

Kada električna struja teče u kondenzator, on se puni. Napon na kontaktima oba kondenzatora će biti jednako podeljena između njih:

$$U = U_1 + U_2.$$

Ako je substitutivni kapacitet dva serijski povezana kondenzatora

$$C = Q/U,$$

a napon na kontaktima ovog kondenzatora

$$U = Q/C,$$

sledi da:

$$Q/C = Q_1/C_1 + Q_2/C_2,$$

Gde su Q_1 i Q_2 punjenja prvog i drugog kondenzatora, a C_1 i C_2 predstavljaju njihove kapacitete.

Punjenje koje je došlo do prvog kondenzatora je jednako struji koju emituje drugi kondenzator. To je razumljivo jer ne postoji žica koja povezuje dva kondenzatora koja bi usmeravala struju unutra ili van.

Stoga:

$$Q = Q_1 = Q_2$$

Ako ovu jednačinu podelimo sa Q , dobijamo:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2,$$

Koja kaže da je recipročna vrednost ekvivalenta kapaciteta dva serijski povezana kondenzatora jednaka zbiru njihovih recipročnih vrednosti.

Slika 26

Kao što smo uradili kod paralelno povezanih otpornika, istu jednačinu možemo napisati na drugi način. Naćićemo zajednički imenilac za desnu stranu jednačine i prebacimo je na drugu stranu. Dobićemo:

$$C = C_1 C_2 (C_1 + C_2),$$

U našem eksperimentu, koristili smo dva serijski povezana kondenzatora od 100 μF .

Njihov ukupni kapacitet će biti 50 μF .

Isto kao što se i željeni otpor može dobiti paralelnim povezivanjem dva ili više otpornika, željeni kapacitet se može izvesti iz dva ili više serijski povezanih kondenzatora.

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \dots$$

C je ekvivalent kapaciteta svih kondenzatora. C_1 , C_2 , C_3 ... su kapaciteti pojedinačnih serijski povezanih kondenzatora.

Ukupan kapacitet serijski povezanih kondenzatora je uvek manji od kapaciteta kondenzatora najmanjeg kapaciteta.

27. ELEKTROMAGNET

Ako pustimo da električna struja teče kroz kalem žice, taj kalem će se ponašati kao magnet. Ovo se može dokazati jednostavnim eksperimentom.

Slika 27

Sastavite jednostavno strujno kolo kod koga su baterija, prekidač i kalem serijski povezani. Kada je prekidač na poziciji on, struja će teći kroz kalem. Izgledaće kao da se ništa ne dešava. Prekidač stavite na poziciju off. Ubacite metalni ekser u kalem tako da jedan njegov deo viri. Pritisnite prekidač. Ekser će istog trenutka biti uvučen u kalem i tamo će ostati.

Uradite još jedan eksperiment. Magnet zavežite za kanap i držite ga tako da visi iznad kalema. Pritisnite prekidač. Magnet će se kretati prema longitudinalnoj osi kalema kroz koju teče struja. Zapamtite kako je magnet bio okrenut. Sada zamenite mesta žica za povezivanje kalema. Pritisnite prekidač. Kalem će se opet ponašati kao magnet, osim što će se magnet na kanapu okrenuti u suprotnom pravcu. Ako promenimo smer struje koja teče kroz kalem, kalem će se ponašati kao magnet okrenut u drugom smeru. Ekser i magnet će se slično ponašati ako ih stavimo jedan blizu drugog. Naš eksperiment ukazuje na to da se kalem kroz koji prolazi električna struja ponaša kao magnet. Magnet napravljen od kalema kroz koji je provedena električna struja se naziva elektromagnet.

28. HERMETIČKI RID PREKIDAČ

Na parče papira stavite dve žabice na maloj udaljenosti jedna od druge. Podignite papir a drugom rukom držite magnet vertikalno ispod papira. Opruge će postati magnetizovane i obe će se ponašati kao mali magneti. Magneti se ili privlače ili odbijaju. Žabice se mogu tako postaviti da se međusobno privlače.

Slika 28

Zamislite da smo obe spajalice povezali na strujno kolo tako da će se strujno kolo zatvoriti kada se one dotaknu. Strujno kolo će raditi kada magnet stavimo neposredno ispod papira a da žabice budu blago razdvojene.

Rid prekidač radi po istom principu. Dva fleksibilna metalna reeds su smeštena jedan blizu drugog u u hermetičku staklenu cev. Kada su reedovi magnetisani, međusobno se privlače i stvaraju kontakt. Kada prestanu da budu magnetisani, razdvoje se usled fleksibilnosti.

Kako magnetišemo reeds? Ako to činimo sa magnetom, dobijamo prekidač koji se može okrenuti na pozicije on i off približavanjem ili udaljavanjem magnetu. Ova situacija je prikazana na slici 28. Kada se magnet dovede blizu reed prekidača, the reeds će se magnetisati i struja će teći kroz sijalicu čime će ona svetleti.

29. RELEJ

Neposredno pored kraja elektromagneta možemo staviti tanku metalnu ploču kako bi se električni prekidač uključio kada je elektro magnet privuče. Takav elektromagnetski prekidač se naziva relej.

Slika 29

Takođe možemo upotrebiti elektromagnet da bi magnetisali reed prekidač. Ovo će takođe biti relej.

Relej možete napraviti od rid prekidača i kalema. To se naziva rid relej.

Gurnite reed prekidač u kalem. The reed prekidač će biti prekidač kojim se uključuje sijalica. Kada je prekidač strujnog kola na poziciji on, metalne ploče reed prekidača stvaraju kontakt, strujno kolo će se zatvoriti, struja će prolaziti kroz sijalicu i ona će svetleti.

30. ZVUČNIK

Kako zvuk putuje kroz vazduh? Zvučni talasi se šire vazдушnim delovima veće ili manje gustine, longitudinalno u pravcu u kome zvuk putuje. Kako možemo pokrenuti zvučni talas? Da bismo to saznali, moramo imati predmet koji će vibrirati napred-nazad i prouzrokovati vazdušne sekvence manje ili veće gustine. Ako kucnete u prozor, vibriraće. Stakleno okno koje vibrira prouzrokovati će oblasti različitog vazdušnog pritiska oko samog okna, što će se onda raširiti. Kako se to dešava na obe strane okna, zvuk će se čuti na obe strane prozora.

U elektrotehnici, koristimo zvučnike za proizvodnju zvunih talasa. Šta je tačno zvučnik?

Setite se eksperimenta sa kalemom i magnetom. Otkrili smo da se kalem kroz koji prolazi električna struja ponaša kao magnet. Kod zvučnika, magnet je u njegovom kućištu. Kalem fiksiran za papirnu membranu je postavljen u žleb magneta. Kada struja teče kroz kalem, papirna membrana će biti uvučena ili izbačena iz žleba magneta. Usled toga membrana će se kretati napred-nazad. Ukoliko se to dovoljno često ponovi čućemo zvuk.

Kod ovog strujnog kola, otpornik od 100 oma je serijski povezan za zvučnik. Kada otpornik ne bi postojao nežno kolo u spikeru bi izgorelo. Pritisnite prekidač. Čućete lagano krckanje. Ponovite ovo nekoliko puta i posmatrajte membranu. Primetićete da se membrana pomera unutra i van. Kada pritisnete prekidač, membrana se pomera u zvučnik. Zamenite mesta žicama koje povezuju i membrana će biti izbačena. Sve ovo morate posmatrati veoma pažljivo jer su ovi pokreti veoma lagani, nisu veći od dela milimetra.

Zašto kalem skače unutra-napolje? Naučili smo da se kalem kroz koji prolazi električna struja ponaša kao magnet. Sada znamo da magnet ima dva različita pola. Takođe znamo da se isti polovi odbijaju, a suprotni privlače. Ako izmenimo smer struje u kalem, polovi magneta koji ona stvara se takođe menjaju. To je razlog zašto se membrana jednom uvlači u speakerfon (kada se kalem i magnet privlače) a zatim izbacuje napolje (kada se kalem i magnet odbijaju).

Stoga, ako želimo da čujemo zvuk sa speakerfona, moraćemo da pustimo struju različitih kvantiteta kroz kalem. U ovom slučaju, membrana će se kretati napred-nazad i mi ćemo čuti zvuk.

Slika 30

31. TRANZISTOR

Da li ste dobro proučili opis tranzistora? Ako jeste, onda ćete vrlo lako razumeti sledeće eksperimente.

Kod ovog strujnog kola imamo sijalicu i tranzistor koji su paralelno povezani. Pazite kako povezuјete kontaktne tačke tranzistora! Kada tranzistor povezuјete na strujno kolo, morate paziti da izlazima ne zamenite mesta! Ako to uradite, strujno kolo neće raditi, ili ako baš nemate sreće, tranzistor će biti uporpašten.

U kompletu imate BC548 tranzistor. Ako ga držite tako da su žice za povezivanje usmerene na dole i da ravna strana sa tehničkim potatcima u vrsti tranzistora stoji okrenuta ka vama, odašiljač će vam biti sa desne strane, baza u sredini, a kolektor sa leve strane. Raspored žica za kontakt nije isti kod svih tranzistora. Raspored iz ovog primera je veoma čest, ali nije obavezno pravilo. Raspored izlaza zavisi od proizvođača i vrste tranzistora. Ukoliko imate tranzistor za čiji raspored izlaza ne znate, pogledajte priručnik. Ako ne možete da pronađete opis, moraćete sami da pronađete pravilan raspored izlaza.

Kako se to radi prikazano je kasnije u ovoj knjizi.

Slika 31

Hajde da se vratimo našem strujnom kolu. Da li će sijalica svetleti? Naravno da neće. Baza tranzistora nije povezana ni sa čime, tako da struja ne stiže do baze. Tranzistor je zatvoren. Možemo reći da je kod zatvorenog tranzistora, otpor između odašiljača i kolektora veoma veliki.

32. ŠTA SE DOGAĐA AKO TRANZISTOR OKRENEMO?

Izmenite strujno kolo tak što ćete odašiljač i kolektor povezati tako što oni zamene svoja mesta. Ako pažljivo pogledate, videćete da vlakno sijalice lagano svetli. Kako tranzistor nema odašiljač koji je povezan sa negativnim polom i kolektor povezan sa pozitivnim, on se ne ponaša onako kako bi trebalo.

Slika 32

33. TRANZISTOR KAO PREKIDAČ

Na označenom mestu na otporniku, povežite jednu žicu tako da je jedan njen kraj slobodan. Zašto?

Struja je ne dolazi do baze tranzistora i tranzistor je zatvoren! Šta treba uraditi da bi struja tekla kroz tranzistor? Strujno kolo treba da bude takvo da malo struje teče do baze. Slobodan kraj žice povežite za žabicu koja je konektovana za pozitivan pol baterije. Struja će prolaziti kroz otpornik do baze, tranzistor će biti otvoren i sijalica će svetleti. Kod ovog strujnog kola, tranzistor smo koristili kao prekidač. Prekidač radi na struju koja teče do baze: kada struja ulazi u bazu, tranzistor će biti otvoren, struja će prolaziti kroz njega, i sijalica će svetleti. Kada struja ne ulazi u bazu, tranzistor će biti zatvoren, električna struja kroz njega neće prolaziti i sijalica neće svetleti. Ukratko, tranzistor prekidač radi na struju koja teče do baze. Ova struja je mnogo manja od struje koja prolazi kroz tranzistor, čime prekidač postaje veoma efikasan.

Slika 33

Šta će se dogoditi ako slobodan kraj žice povežemo za negativan pol baterije? Najpre pokušajte to da zamislite, a onda izvesti test. Sijalica neće svetleti jer struja ne teče u bazu i tranzistor je zatvoren.

Otvoreni tranzistor ima veoma mali otpor a i napon između kolektora i odašiljača će biti veoma mali, ne viši od jedne desetine volta. Zbog toga, otvoreni tranzistor nikada ne treba direktno povezivati za pozitivne i negativne polove baterije. Struja koja kroz njega teče bi bila isuviše jaka i uništila bi tranzistor.

34. NEPRAVILNO OKRENUTI TRANZISTOR

Sada okrenite tranzistor na pogrešnu stranu. Zamenite mesta izlazima odašiljača i kolektora.

Kada slobodna žica nije ni sa čim povezana, sijalica lagano svetli. Ako pozitivan pol baterije dotaknemo slobodnim krajem žice, sijalica će jasnije svetleti ali ne i potpuno. Tranzistor koji je na taj način povezan, u stvari nije pravilno povezan!

Ukoliko želimo da koristimo svojstva tranzistora BC548, kolektor treba uvek da bude konektovan za pozitivan a odašiljač za negativan pol. Malo struje koja teče ka bazi će otvoriti tranzistor.

Slika 34

Tranzistori kod kojih je odašiljač pravilno povezan za negativan, a kolektor za pozitivan pol se nazivaju NPN transistori. Tranzistor BC548 je NPN tranzistor. Neki tranzistori moraju biti konektovani tako da je odašiljač povezan za pozitivan a kolektor za negativan pol. Oni se nazivaju PNP tranzistori. U ovom kompletu nema ni jednog PNP tranzistora.

35. KAKO SE TRANZISTOR PONAŠA AKO POSMATRAMO SAMO BAZU I ODAŠILJAČ?

Sijalici je potrebna mnogo jača struja da bi sijala nego što je LED anodi. Ako više struje ističe iz baterije, ona će se pre isprazniti, a mi možemo takode posmatrati LED anodu da bi videli funkcionisanje tranzistora. U stvari, možemo koristiti LED anodu umesto sijalice u svim našim eksperimentima, imajući u vidu da dioda ne svetli ako je okrenuta u pogrešnom pravcu!

Otpornik od 1 k Ω serijski povezan za diodu će osigurati da isuviše jaka struja ne teče kroz diodu.

Već smo rekli da je tranzistor BC548 iz našeg kompleta NPN tranzistor.

To znači da za normalno funkcionisanje odašiljač treba povezati za negativan pol. Ukoliko hocemo da električna struja teče do baze (a odatle do odašiljača), baza treba da bude povezana za pozitivan pol, pol odašiljača. Tranzistor povežite na način koji je prikazan na dijagramu. LED anoda će svetlati. To znači da struja teče od baze ka odašiljaču.

Slika 35

36. KOD TRANZISTORA, PRAVAC BAZA – ODAŠILJAČ SE PONAŠA KAO DIODA

Sada zamenite mesta kontaktnim tačkama baze i odašiljača na tranzistoru. LED anoda neće svetleti. To znači da struja ne može da teče kroz tranzistor u pravcu od odašiljača do baze. Drugim rečima, pravac baza-odašiljač kod tranzistora se ponaša kao dioda. Kod NPN tranzistora, ova dioda je okrenuta od baze prema odašiljaču.

37. KAKO SE TRANZISTOR PONAŠA AKO POSMATRAMO SAMO BAZU I KOLEKTOR?

Tranzistor povežite tako da je kolektor povezan sa negativnim polom baterije, baza povezana preko LED anode, dok su otpornik i prekidač povezani za pozitivan pol. Odašiljač ostaje slobodan (nije povezan ni za šta).

Slika 36

Kada pritisnete prekidač, LED anoda će svetleti.

To znači da kod našeg tranzistora, struja može da teče od baze prema kolektoru.

Slika 37

38. KOD TRANZISTORA PRAVAC BAZA – KOLEKTOR SE PONAŠA KAO DIODA

Sada zamenite mesta baze i kolektora na spojevima tranzistora. Dioda neće svetleti. To znači da struja ne može da teče od kolektora ka bazi. Drugim rečima, na pravcu baza – kolektor, tranzistor se ponaša kao dioda. Kod NPN tranzistora, dioda stoji okrenuta od baze ka kolektoru.

Slika 38

39. STRUJNO KOLO ZA TESTIRANJE TRANZISTORA

Iz svega što smo do sada videli, možemo zaključiti kako bi trebalo da funkcioniše tranzistor koji radi. Ako sumnjamo u tranzistor, lako možemo sastaviti strujno kolo kojim će se testirati svojstva tranzistora. Najjednostavniji je tranzistor prekidač.

Dijagram strujnog kola pokazuje kako treba povezati tranzistor da bi se izveo test. Kada je baterija povezana, LED anoda neće svetleti. To je zbog toga što struja ne teče kroz bazu i tranzistor je zatvoren. Kada pritisnete prekidač, struja će teći kroz bazu i tranzistor će se otvoriti. LED anoda će svetleti.

Kod tranzistora koji funkcioniše, dioda neće svetleti kada je prekidač na off poziciji, dok će svetleti kada je na poziciji on. Ukoliko dioda podjednako ili svetli ili ne svetli na obe pozicije prekidača, tranzistor je oštećen. Strujno kolo se veoma lako sastavlja, i možete ga koristiti svaki put kada sumnjate da strujno kolo ne radi usled kvara na tranzistoru.

Slika 39

40. KAKO ODREDITI RASPORED KONTAKTNIH TAČAKA NA TRANZISTORU

Sada kada imate neko znanje o tome kako tranzistor funkcioniše, sami možete otkriti raspored kontaktnih tačaka na nepoznatom tranzistoru.

Potrebna vam je baterija, otpornik i LED anoda.

a) Najpre proverite da li je LED anoda pravilno povezana.

b) Prvi korak je odrediti vrstu tranzistora i poziciju baze.

Slika 40 a)

Slika 40 b)

Znamo da se pravci baza – odašiljač i baza – kolektor ponašaju kao diode. Kod ovih "dioda", anode (u slučaju NPN tranzistora) predstavljaju baze. Mi ćemo tako pronaći bazu tranzistora kao da je bila anoda dve diode: odašiljača i kolektora.

Sada: povežite jedan od izlaza nepoznatog tranzistora za žabicu 1; Slobodnom žicom sa žabice 2 dotaknite najpre prvi pa drugi izlaz tranzistora. Posmatrajte kada će LED zasvetleti. Potom promenite izlaz tranzistora na osiguraču 1 i ponovite test. Ponovite ovo za sva tri izlaza tranzistora.

c) Ako ste pronašli jedinstvenu poziciju na kojoj dioda sija pošto ste jedan od dva slobodna izlaza tranzistora povezali sa strujnim kolom, pronašli ste bazu i vaš tranzistor je NPN tranzistor. Zapamtite poziciju tranzistora. Izlaz koji je povezan za žabica 1 je baza.

d) Ako LED anoda ne sija bez obzira na nain povezivanja tranzistor, ili ako sija u svakom slučaju, tranzistor je svakako oštećen.

e) Ako na nekim pozicijama LED anoda sija samo kada je jedan od slobodnih izlaza tranzistora povezan za strujno kolo, to ne mora obavezno značiti da je tranzistor pokvaren. Najpre proverite da nije u pitanju tranzistor tipa PNP. Da biste to uradili pogledajte pod g) eksperimenta 41.

f) Sada moramo da odredimo koji od druga dva izlaza predstavlja odašiljač a koji kolektor. U našem sluaju, strujno kolo koristimo za testiranje tranzistora. Tranzistor testirajte tako što ćete uzeti prvi a onda i drugi izlaz kao kolektor. Prirodno, baza mora biti pravilno povezana. Ako je strujno kolo ispravno sklopljeno, tranzistor će raditi.

Razlika u svetlosti LED anoda kada je prekidač na poziciji on i off će biti izraženija. Ako tranzistor ne funkcioniše kao prekidač, oštećen je.

41. TESTIRAJTE STRUJNO KOLO ZA PNP TRANZISTORE

g) Proverite da li je tranzistor PNP tip. Kod ove vrste tranzistora, struja je suprotna onoj kod NPN tranzistora. To znači da odašiljač mora biti povezan za pozitivan pol, a kolektor za negativan pol baterije. Baza se takođe mora napajati sa negativnog pola baterije.

Kod PNP tranzistora, pravci baza – kolektor i baza – odašiljač se ponašaju kao diode sa zajedničkom katodom u bazi. Povežite jedan od izlaza tranzistora za žabicu 2, a slobodnu žicu za osigurač 1. Ponovite proces opisan pod b). Imajte u vidu da tražite diode sa zajedničkom katodom.

Ako pronađete poziciju na kojoj će LED anoda svetleti pošto je bilo koji od preostalih izlaza tranzistora povezan za osigurač 1, a izlaz povezan za osigurač 2 je baza. Proverite da se isto to ne dešava u nekoj drugoj poziciji. Ako LED anoda ne svetli u bilo kojoj poziciji, ili svetli u svim pozicijama, tranzistor je oštećen.

Slika 41

h) Pošto ste pronašli bazu PNP tranzistora, sklopite strujno kolo za testiranje da bi ste proverili da tranzistor funkcioniše kao prekidač. Na dijagramu strujnog kola, videćete da su baterija i LED anoda u suprotnom pravcu od baterije i LED anode u strujnom kolu za testiranje NPN tranzistora.

i) Odredite odašiljač i kolektor. Za njih možete izvesti zaključke na isti način kao što ste uradili za NPN tranzistore. Povežite tranzistor i vidite hoće li funkcionisati kao prekidač.

Tranzistor okrenut u suprotnom pravcu neće funkcionisati tako dobro kao prekidač, ili neće funkcionisati uopšte.

Ako ne možete da pronađete bazu tranzistora (anoda zajednička za odašiljač i kolektor kod NPN tranzistora, i katoda zajednika za odašiljač i kolektor kod PNP tranzistora), ili ako tranzistor ne funkcioniše kao prekidač, onda je pokvaren.

Već smo rekli da u ovom kompletu nema PNP tranzistora. Ipak, ovaj postupak će vam se pokazati veoma korisnim kada budete naišli na potpuno nepoznati tranzistor.

42. STRUJA KOJA PROLAZI KROZ BAZU MOŽE BITI USMERENA KROZ OTPORNIK KOLEKTORA

Sada se prisetite dijagrama strujnog kola za tranzistor kao prekidač. Struja je usmerena ka bazi tranzistora kroz otpornik, čiji je jedan kraj povezan za pozitivan pol baterije a drugi kraj za bazu. Ovo nije jedini način za usmeravanje struje prema bazi tranzistora, čime će se otvoriti tranzistor.

Na slici 42 je prikazano strujno kolo kod koga struja koja teče ka bazi tranzistora takođe teče kroz granu strujnog kola između kolektora i pozitivnog pola baterije.

Slika 42

Sklopite strujno kolo kao što je prikazano na slici 42. Kada stisnete prekidač, LED anoda će svetleti. To znači da tranzistor funkcioniše kao prekidač.

43. STRUJA KOJA TEČE U BAZU SE MOŽE USMERITI SA RAZDELNIKA NAPONA

Slika 43 prikazuje još jednu mogućnost za napajanje baze tranzistora električnom strujom.

Dva otpornika se koriste kao prenosnici napona. Odnos između otpora ova dva otpornika određuje struju koja teče do baze tranzistora.

Sva tri ovde prikazana metoda napajanja tranzistora strujom imaju iste efekte na tranzistor, omogućavaju da struja teče do baze i da je tranzistor otvoren. Koji metod napajanja baze ćemo koristiti zavisi od toga kako želimo da koristimo tranzistor.

Slika 43

44. SERIJSKO POVEZIVANJE DVA PREKIDAČA TRANZISTORA

Sada znamo da se tranzistor može koristiti kao prekidač. Usmeravanjem male količine struje kroz bazu, možemo prouzrokovati da kroz tranzistor teče više struje.

Slika 44

Jednim tranzistorom prekidačem možemo kontrolisati drugi tranzistor prekidač. Ovakav primer je dat na slici 44 gde između kolektora i pozitivnog pola baterije stoje otpornik i jedna LED anoda.

LED anoda će signalizirati da li je tranzistor otvoren ili zatvoren kao prekidač. Ako je tranzistor otvoren, struja kroz njega neće prolaziti i LED anoda neće sijati.

Ako bateriju povežemo za strujno kolo, zelena LED anoda neće sijati. Zašto? Prekidač nije na poziciji on. Struja ne teče do baze prvog tranzistor i on je zatvoren. Kako kroz njega ne prolazi struja, možemo smatrati i da ne postoji. Struja će teći do baze drugog tranzistora kroz crvenu LED anodu i otpornik od 100 k Ω .

Kako imamo otpornik od 100 k Ω , struja će biti isuviše mala da bi crvena LED anoda sijala, ali će biti dovoljno jaka da otvori drugi tranzistor i pusti da struja teče kroz njega, usled čega će zelena dioda sijati.

Pritisnite prekidač. Sada će struja teći do baze prvog tranzistora, čime će se isti otvoriti. Kroz njega će onda teći više struje, usled čega će crvena LED anoda zasijati.

Desni otpornik i desna dioda čine razdelnik napona. Baza levog tranzistora se puni kroz taj razdelnik napona. Otvoreni tranzistor je veoma mali otpornik. Ovaj otpor je tako mali da je i njegov napon veoma mali. Struja koja teče do baze levog tranzistora će stoga takode biti mala. Zbog toga će levi tranzistor biti zatvoren i zelena LED anoda neće sijati.

45. TRANZISTOR KAO PODESIVI OTPORNIK

Strujno kolo sastavite kao što je prikazano na slici 45.

Da li će svetlo koje sijalica emituje biti dovoljno jasno, zavisi od pozicije klizača na potencijometru. Ako je klizač bliži pozitivnom polu baterije, sijalica će jasnije svetleti, a ako je bliži negativnom polu baterije, sijalica će manje jasno. Ako pomerite klizač, intenzitet će varirati.

Kako funkcionise strujno kolo?

Slika 45

Kada je klizač bliži izlazu potencijometra koji je povezan sa pozitivnim polom baterije, više struje će teći do baze. Ako pomerimo klizač, potencijometar postaje razdelnik napona.

Otpornik kroz koji struja teče do baze je konektovan na napon ovog razdelnika. Ako je napon na prenosniku veći, više struje će teći do baze tranzistora.

Kada je struja koja teče do baze tranzistora veća, sijalica će jasnije svetleti. U ovom slučaju, više struje teče kroz sijalicu (a takode kroz tranzistor). Kako je sijalica takva kakva je, očigledno je da se svojstva tranzistora menjaju u smislu da se on ponaša kao podesivi otpornik, čiji otpor zavisi od struje koja teče do njegove baze.

Zamislite da okrećete potencijometar na obe strane. To će prouzrokovati da napon na klizaču potencijometra varira: jednom će biti viši, a kasije niži.

Viši napon će poslati jaču (više) struju do baze tranzistora, i tranzistor će biti otvoreniji. Napon koji varira a usmeren je ka bazi tranzistora od potencijometra možemo dobiti iz bilo kog drugog izvora. Tranzistor će pojačati ovaj napon. Možemo reći da je tranzistor koji se koristi kao podesivi otpornik u stvari pojačivač.

46. SERIJSKO STRUJNO KOLO DVA POJAČIVAČA TRANZISTORA

Isto kao što smo mogli da kontrolisemo jedan tranzistor prekidač drugim, možemo izlaz jednog pojačivača povezati sa ulazom drugog, čime ćemo pojačati tako mali napon nekoliko puta.

Kod strujnog kola koje smo videli, imamo dva pojačivača tranzistora serijski povezana. LED anode služe kao indikatori koji pokazuju kako se otpor tranzistora menja.

Hajde da pretpostavimo da je klizač potencijometra na takvoj poziciji da je njegov napon jednak nuli. Struja do baze tranzistora će takode biti nula, a tranzistor će biti zatvoren.

U prethodnom slučaju, crvena dioda nije svetlela, ali zelena jeste. Suprotno će se dogoditi ako je klizač potencijometra na poziciji gde je struja do baze najjača. Crvena dioda će svetleti, a zelena neće. Šta je sa ostalim pozicijama potencijometra. Isprobajte ih.

Kako budete okretali potencijometar, crvena dioda će svetleti jasnije, a zelena prigušenije.

Slika 46

Ukoliko ga okrenete u suprotnom smeru, crvena dioda će manje svetleti, a zelena više.

Ovaj eksperiment pokazuje kako se izlazni signal pojačivača jednog tranzistora može koristiti za kontrolu drugog. Kontrolisali smo svetlo LED anoda. Kod drugog tranzistora gde je napon doveden sa drugog tranzistora pojačan, možemo povezati neki drugi element umesto LED anode, element kome treba više snage da bi funkcionisao, npr. sijalicu ili kalem releja.

47. SLOJ GRAFITA IZ OLOVKE NA PARČETU PAPIRA TAKODE MOŽE DA SE PONAŠA KAO OTPORNIK

U uvodnom delu, spomenuli smo da je otpornik obično napravljen od keramičkog tela koje je prevučeno otpornim slojem. Taj sloj takode može biti grafit.

U svakodnevnom životu, prilično često dolazimo u dodir sa grafitom. Grafit možemo naći u običnoj olovci: srce je od grafita. Kako to možemo dokazati? Napravite svoj sopstveni otpornik.

Uzmite parče papira i nacrtajte široku debelu liniju. Presavijte papir tako da linija leži na mestu gde je presavijen. Na oba kraja ubacite žabicu kroz koju ste provukli konektivnu žicu. Sada imate otpornik sa izlaznim žicama.

Slika 47

Kako možete da proverite da li je to zaista otpornik? Ubacite ga u strujno kolo koje je dole prikazano. Kroz ovaj otpornik, struja će teći od pozitivnog pola baterije do baze tranzistora. Tranzistor će se otvoriti i dioda će svetleti.

48. SLOJ GRAFITA IZ OLOVKE NA PARČETU PAPIRA TAKODE MOŽE DA SE PONAŠA KAO POTENCIOMETAR

Već smo spomenuli da je potencijometar u stvari otpornik kod koga se klizač kreće. Od gore opisanog otpornika pokušajte da napravite potencijometar.

Za ovaj eksperiment koristite otpornik napravljen za prethodni eksperiment. Upotrebite žabicu na koju je dodata žica i ona služi kao klizač. Držite osigurač i gurajte ga gore – dole po grafitnom sloju papira. Posmatrajte kako se menja blistavost diode. Setite se eksperimenta gde je tranzistor korišćen kao podesivi otpornik. Ovde imamo skoro isto strujno kolo, osim što je korišćen potencijometar napravljen kod kuće umesto onog koji je fabrički proizveden.

Slika 48

49. ELEKTRONSKA ZAŠTITA

Sada kada smo naučili o funkcionisanju strujnog kola sa tranzistorima, tranzistore možemo koristiti na različite načine. Vrsta strujnog kola koja se može napraviti uz korišćenje tranzistora zavisi od mašte stvaraoca.

Sledeći eksperiment pokazuje tranzistor u strujnom kolu koji će usled prekida veze poslati signal. Takvo strujno kolo može, na primer, da se koristi za signalizaciju neželjenog otvaranja nekih vrata. U ovom strujnom kolu, tranzistor će se koristiti kao prekidač.

Slika 49

Između žabica 1 i 2 je žica koja proizvodi kratko strujno kolo između baze i odašiljača. Kako struja ne teče do baze, ovaj tranzistor je zatvoren. Struja koja teče od pozitivnog pola baterije kroz otpornik od 100 k Ω , teče direktno do negativnog pola baterije.

Ukoliko uklonite žicu koja stoji između žabica 1 i 2, struja će teći do baze tranzistora i tranzistor će se otvoriti. LED anoda će tada svetleti. Tako se opisano strujno kolo može koristiti za otkrivanje ne postojanja veze u električnom strujnom kolu. Jedna od mogućih namena je da služi kao elektronska zaštita. Žica između žabica 1 i 2 može biti bilo koje dužine. Smestite spravu tamo gde želite da postoji zaštita tako da se strujno kolo može lako prekinuti. Dijagram koji sledi pokazuje primer zaštite koja se može koristiti za signalizaciju da su vrata otvorena.

Rajsnedlom fiksirajte spajalicu na vrata i dovratak na onoj strani na kojoj se vrata otvaraju. Dve spajalice konektujte za žabice 1 i 2 na tabli sa strujnim kolom. Komad žice umetnite između spajalica, vodeći računa da je skinuta izolacija žice na mestima kontakta. Ako je to pravilno izvedeno, LED anoda neće svetleti. Zbog žice koja se nalazi između žabica 1 i 2 strujno kolo između baze i odašiljača je isuviše kratko, i struja neće teći do baze.

Ako neko otvori vrat, žica će ispasti iz spajalica i konekcija između žabica 1 i 2 će biti prekinuta. Sada će struja teći od pozitivnog pola baterije kroz otpornik do baze tranzistora. Tranzistor će se otvoriti i dioda će svetleti.

Možemo odabrati mnogo takvih mesta koje želimo da zaštitimo. Zatim možemo serijski povezati sva takva mesta (npr. sva vrata i prozore, vrata plakara, itd.) i dovesti žice do strujnog kola. Problem u ovom slučaju je da kada dobijemo signal alarma ne znamo mesto na kome je zaštita ugrožena. Ukoliko želimo da dobijemo i ovaj podatak, moraćemo da napravimo odvojeno strujno kolo za svaku poziciju zaštite. Ako su sva strujna kola na istom mestu, za sve njih možemo koristiti jednu bateriju.

50. SIGNAL ZA VISOK NIVO TEČNOSTI

Najveći broj tečnih jedinjenja provodi elektrinu struju. Ne preterano dobro, ali je otpor tečnosti dovoljno mali čime se omogućava dovoljna količina struje za kontrolu tranzistora.

U našem kompletu naćičete senzor vlage. To je jedan tanjir sa dva provodnika koji se nalaze na pristojnoj udaljenosti. Električna struja ne može da teče preko zazora između provodnika.

Ukoliko provodljiva tečnost stigne između ta dva provodnika otpor senzora će opadati. Ovo svojstvo ćemo koristiti u našim eksperimentima.

Kod ovog strujnog kola, otpornik od 100k Ω i senzor vlage su povezani između pozitivnog pola baterije i tranzistora.

Kada se senzor tenosti potopi u tečnost koja provodi električnu struju, struja će teći od pozitivnog pola baterije kroz otpornik od 100 k Ω i senzora tečnosti do baze tranzistora.

Tranzistor će se otvoriti i LED anoda će svetleti.

Ovaj senzor se ne može koristiti kod tečnosti koje ne provode elektrinu struju kao što su ulja i destilovana voda. U takvim sluajevima, koriste se druge vrste senzora.

Slika 50

51. SIGNAL ZA NIZAK NIVO TEČNOSTI

Kod ovog eksperimenta, želimo da nas signal upozori kada je nivo tečnosti nizak. Kod ovog strujnog kola, senzor vlage formira prenosnik napona sa otpornikom od 100k Ω , koji se grana ka bazi tranzistora.

Kada senzor potopimo u tečnosti, otpor između njegovih provodnika će biti mali. Napon između osigurača će takođe biti isuviše mali da bi se struja provela do baze, a tranzistor će biti zatvoren.

Kada se posuda isprazni, senzor će ostati u vazduhu. Kako vlaga isparava, otpor senzora će rasti. Napon po srednjoj grani prenosnika će rasti, a struja će teći preko otpornika od 100 k Ω do baze tranzistora. Ovim će se tranzistor otvoriti i dioda će svetleti.

Slika 51

52. MONOFAZNI NISKOFREKVENTNI POJAČIVAČ

Setite se opisa kako zvuk radi. Ako elektrina struja teče kroz kalem speakerfona, kalem će se ponašati kao elektromagnet. To će dovesti do uvlačenja ili izbacivanja kalema iz releja elektromagneta. Ako varirajuća ili naizmenična struja teče kroz ovaj kalem, on će se kretati napred – nazad. To će prouzrokovati pokrete u vazduhu i mi ćemo čuti proizvedeni zvuk.

Opšte pravilo je da će pokret provodnika blizu magneta (ili kretanje magneta blizu provodnika) uzrokovati da kroz njega teče električna struja. Ovo je osnovni princip električnih generatora u centralama.

Slika 52

Šta se događa sa kalemom u žljebu magneta ako se magnet kreće? Kretanje će prouzrokovati da električna struja prolazi kroz njega. Kažemo da je električna struja indukovana u njemu. Kako se membrana kreće unutra – van, struja u kalemu će menjati pravce. Ukratko, naizmenična struja će prolaziti kroz kalem kako mi budemo govorili u spiker.

Kada govorimo u spiker, električni signal će biti indukovan, a njegov napon će zavisiti od toga koliko glasno govorimo ili udaramo o membranu. Tako funkcionišu mikrofoni, na primer oni koji se koriste kod modernih telefona. Grada zvučnika i mikrofona je veoma slična. U našem kompletu ne postoji mikروفon, ali nema veze, umesto mikrofona, koristićemo spiker.

Kod dole prikazanog strujnog kola, otpornici su izabrani tako da je tranzistor malo otvoren. To uzrokuje da LED anoda jasnije sija. Elektrolitički kondenzator je paralelno povezan za mikروفon. Pošto kondenzator blokira direktnu struju, struja koja teče od kolektora kroz otpornik od 100 k Ω će teći do baze tranzistora.

Spiker koji se ovde koristi kao mikروفon, povezan je za bazu tranzistora preko elektrolitičkog kondenzatora. Ukoliko udarite membranu spikera ili pričate u spiker, naizmenična struja će biti indukovana u kalem. Već smo dokazali da naizmenična struja može da teče kroz kondenzator. Ta struja će se priključiti struji koja teče do baze

tranzistora kroz otpornik. Tako će struja koja teče do baze varirati. Kao posledica toga, tranzistor će biti manje ili više otvoren, a LED anoda će sijati manjim ili većim intenzitetom.

53. DVOFAZNI NISKOFREKVENTNI POJAČIVAČ

Kod ovog eksperimenta koristićemo dva veoma slična niskofrekventna pojačivača. Između izlaza prvog (kolektor desnog tranzistora) i izlaza drugog (baza levog tranzistora) stoji elektrolitični kondenzator koji osigurava da će napajanje baze levog tranzistora kontrolisati isključivo otpornici oko ovog tranzistora.

Prvi tranzistor pojačava niskofrekventnu naizmeničnu struju koja dolazi iz spikera, koji se ovde koristi kao mikrofona. Pojačani naizmenični signal teče od kolektora desnog tranzistora kroz elektrolitični kondenzator do baze levog tranzistora. Tako će signal na kolektoru levog tranzistora biti pojačan nekoliko puta. LED anoda će pokazati kako tok struje kroz levi tranzistor varira što je posledica signala koji dolazi iz spikera.

54. JOŠ JEDNA VARIJACIJA POJAČIVAČA

Dijagram koji sledi prikazuje još jednu varijaciju pojačivača od dve faze. Između kolektora desnog tranzistora i baze levog, ne postoji elektrolitički kondenzator, čime se omogućava da direktna struja sa otpornika kolektora desnog tranzistora tee do baze levog tranzistora. Ako uporedimo ta dva kola, ustanovićemo da semo kod drugog koristili manje elemenata. Ipak, direktna povezanost direktne struje između prvog i drugog tranzistora može prouzrokovati komplikacije.

Izlaz 2. nivo 1. nivo ulaz.

Slika 53

Slika 54

55. "SVETLOSNI EFEKTI"

Upotrebom pojačivača možemo pojačati slab signal koji dolazi sa izlaza spikera toliko da će sijalica zasvetleti.

Ako sijalicu povežete direktno na izlaz spikera, ona neće sijati. Ali kod ovog strujnog kola će biti dovoljno da nežno dodirnete spiker ili dunete u njega i sijalica će zasvetleti. Sličan princip se koristi kod strujnih kola u diskotekama gde svetlost povremeno pulsira u ritmu muzike.

Slika 55

56. SENZORSKO STRUJNO KOLO SA DVA TRANZISTORA

Verovatno ste se pitali kako rade sensorska dugmad na radiju i TV aparatu. To nije samo dugme koje treba pritisnuti, ono funkcioniše čak i na lagani dodir.

Ako sastavite strujno kolo kao na slici 56 postaće vam jasno kako senzorska dugmad funkcionišu. Kod ovog strujnog kola koristimo dva tranzistora. Žabica sa pozitivnog pola baterije i otpornik od 100 kΩ su povezani za drugi kraj baze desnog tranzistora i smešteni su tako blizu jedan drugog da se mogu oba dodirnuti jednim prstom. Zapamtite: ako veoma mala struja teče od baze do tranzistora, omogućiće mnogo jačoj struji da protiče kroz tranzistor od kolektora do odašiljača.

Slika 56

Ovom strujom se može napajati baza drugog tranzistora. Tako će struja koja teče do baze levog tranzistora biti pojačana, pojačavajući, u povratku, struju koja kroz njega teče. Takav spoj između tranzistora kod kojih struja iz odašiljača jednog teče direktno do baze drugog tranzistora naziva se Darlingtonovo strujno kolo.

Površina kože kod ljudi je uvek pokrivena mešavinom prljavštine, vlage i znoja. Ipak električna struja može teći po površini naše kože. Otpor kože je prilično veliki dok je struja koja teče po površini veoma mala. Ovom strujom se napaja baza desnog tranzistora što se vidi na sledećem diagramu. Kada dotaknemo žabicu sa oznakama 1 i 2, LED će svetleti.

Koju namenu ima otpornik od 100 kΩ smešten između senzorskog dugmeta i baze desnog tranzistora? Strujno kolo bi takođe funkcionisalo bez otpornika, ali ...

Može se desiti da neko slučajno (ili namerno) senzorsko dugme poveže sa komadom metala. Tada će baza biti direktno povezana za pozitivan pol baterije. Zapamtite: pravac baza – odašiljač kod tranzistora se ponaša kao dioda. Ova dioda je tako okrenuta da struja može da teče od odašiljača do negativnog pola baterije. Struja koja teče direktno od pozitivnog pola baterije kroz bazu tranzistora bi ga definitivno upropastila. Otpornik serijski povezan sa bazom tranzistora ga u stvari štiti od jake struje koja prolazi kroz njegovu bazu.

57. SENZORSKO STRUJNO KOLO KOJE UKLJUČUJE I ISKLJUČUJE NEKI APARAT

Kod ovog strujnog kola, desni tranzistor se koristi kao prekidač koji uključuje prekidač levog tranzistora. Normalno, električna struja neće teći do baze desnog tranzistora. Tranzistor će tako biti zatvoren i imaće veoma veliki otpor. Struja će tako teći kroz otpornik od 22 k Ω do baze levog tranzistora, koji će se otvoriti i LED anoda će svetleti. Ako dodirnete "senzor" žabice, električna struja će teći do baze desnog tranzistora i otvoritiće ga. Otvoreni tranzistor će pružati manji otpor i napon srednje grane razdelnika napona koja se sastoji od otpornika od 22 k Ω desnog tranzistora će opasti. Struja koja ide do baze levog tranzistora će se smanjivati i on će se zatvoriti. LED anoda će prestati da svetli.

58. KONDENZATOR I TRANZISTOR (1)

Ako sklopite strujno kolo koje je dole prikazano i povežete ga za bateriju, LED anoda neće svetleti jer struja ne dolazi do baze tranzistora i on je zatvoren. Pritisnite prekidač. Struja će od pozitivnog pola baterije teći kroz otpornik i prekidač, i dalje do elektrolitičkog kondenzatora i baze tranzistora. Najpre će struja ulaziti u prazan kondenzator. Kako se kondenzator bude punio, napon na kontaktnim tačkama će rasti. Na određenoj tački, biće dovoljno visok da će nešto struje moći da teče do baze tranzistora i tranzistor će početi da se otvara. Svetlo LED anode će rasti sve dok ne dosegne svoj maksimum. Otpustite prekidač. Kondenzator je napunjen i u njega je pohranjeno nešto elektrine struje. Kada otpustimo prekidač, kondenzator će se ponašati kao baterija iz koje struja može da otići do baze tranzistora. To će prouzrokovati da tranzistor ostane otvoren neko vreme. Kako se kondenzator bude praznio, struja koja teče iz njega do baze tranzistora će biti sve manja. Tranzistor će se polako zatvarati, a LED anoda će se smanjivati sve dok potpuno ne nestane.

Slika 57

Slika 58

59. KONDENZATOR I TRANZISTOR (2)

U ovom strujnom kolu, prekidač je paralelno povezan za elektrolitički kondenzator. Kada strujno kolo povežete sa baterijom, svetlo LED anode će se povećavati kao kod prethodnog eksperimenta.

Pritisnite prekida. Ovo će prouzrokovati kratak spoj kondenzatora koji će se momentalno isprazniti. LED anoda će takođe momentalno nestati. Otpustite prekidač. Kondenzator će lagano početi da se puni. U isto vreme, tranzistor će početi da se otvara, a svetlo LED anode da se povećava sve dok ne dostigne svoj maksimum.

Slika 59

60. UKLJUČIVANJE APARATA NA TRENUTAK

Strujno kolo koje koristi svojstva kondenzatora koji se puni se takođe može koristiti za uključivanje nekog aparata na kraće vreme. To može biti ventilator u kupatilu, električno zvono na vratim, gong, itd. Strujno kolo koje je ovde opisano to neće omogućiti, ali ako povežemo jedan relej između kolektora tranzistora i pozitivnog pola baterije umesto LED anode i serijski povezanog otpornika, relej bi mogao da funkcioniše kao prekidač za aparate kojima je potrebna jača struja i napon.

Kako strujno kolo funkcioniše? Hajde da pretpostavimo da je elektrolitički kondenzator prazan. Kada pritisnete prekidač, struja će teći od pozitivnog pola baterije do elektrolitičkog kondenzatora. Zatim će se struja podeliti u grane: jedan deo kroz otpornik od 270 Ω do negativnog pola baterije, a drugi deo preko otpornika od 22 k Ω do baze tranzistora. Tranzistor će se otvoriti i LED anoda će svetleti.

Kondenzator će se polako puniti. Kada se jednom napuni, struja će prestati da teče do njega. Struja će takođe prestati da teče do baze tranzistora, koji će se usled toga zatvoriti i dioda neće svetleti.

Kada otpustite prekidač, pozitivan pol kondenzatora neće biti povezan za pozitivan pol baterije, a struja će teći preko otpornika od $1\text{ k}\Omega$ i $270\ \Omega$ i kondenzator će se napuniti. Ovdje struja koja teče kroz otpornike od $270\ \Omega$ teče u suprotnom smeru u poređenju sa situacijom kada je prekidač na poziciji on, a napon ovog otpornika će biti u pravcu koji je suprotan od ranijeg. Tranzistor će biti zatvoren i dioda neće svetleti.

Slika 60

61. PREKIDAČ KOD KOGA SE PODEŠAVA ISTEK VREMENA

Možda ste nekada bili u prilici da posmatrate svog oca ili majku kako pokušavaju da zaključaju auto na neosvetljenom parkingu pošto su zatvorili vrata automobila. Zar ne bi bilo lakše pronaći ključeve kada bi svetla u autu ostala upaljena nekoliko sekundi?

Hajde da pretpostavimo da je prekidač na dugme u stvari prekidač koji uključuje svetlo u automobilu. Kada se napravi kontakt, struja će teći od pozitivnog pola baterije kroz otpornik od 33Ω posle čega će jedan deo teći do elektrolitičkog kondenzatora, a drugi do otpornika od $2,2\text{k}\Omega$. Odatle, jedan deo struje će teći do baze tranzistora, a drugi kroz potencijometar do negativnog pola baterije. Pošto struja teče do baze, tranzistor će se otvoriti i LED anoda će svetleti.

Otpustite prekidač. Elektrolitički kondenzator će početi da se prazni kroz otpornik od $2,2\text{ k}\Omega$, odakle će jedan deo struje teći do baze, a drugi deo do potencijometra i otpornika od $22\text{ k}\Omega$. U zavisnosti od pozicije potencijometra, kondenzator će se brže ili sporije prazniti. Kada napon elektrolitičkog kondenzatora postane isuviše mali da održi tranzistor otvoren, LED anoda će prestati da svetli. Potencijometar je tu da reguliše zaostatak od momenta kada je prekidač otpušten do momenta kada LED anoda prestane da svetli.

Slika 61

62. STRUJNO KOLO ZA TESTIRANJE ELEMENATA

Kod strujnog kola koje sledi, LED anoda će svetleti kada struja bude išla kroz štipaljke a i b. Kako se ovo može koristiti za testiranje elemenata?

Ako rezistor povežete između štipaljki, LED anoda će svetleti ako otpornik nije oštećen.

Ako kondenzator povežete između dve štipaljke, LED anoda će na kratko svetleti. Kada se kondenzator puni, struja će prestati da teče od tačke a do kondenzatora i dalje preko tačke b do baze tranzistora. Dioda će prestati da svetli. Dioda će svetleti duže ako je kapacitet kondenzatora veći. Ako LED anoda nastavi da svetli, kondenzator je oštećen.

Ovim strujnim kolom takođe možemo testirati diode. Dioda treba da bude povezana tako da katoda (kraj diode koji je oznčen) ima kontakt sa štipaljkom b. LED anoda će svetleti. Ako diodu okrenete, LED anoda ne bi trebalo da svetli. Ako se dioda ne ponaša ovako, oštećena je.

Slika 62

63. STRUJNO KOLO ZA TESTIRANJE DIODA

U prethodnom strujnom kolu morali smo diodu dva puta da povezujemo da bismo testirali pravac anoda – katoda, a onda pravac katoda – anoda.

Sa elementima iz kompleta možete sastaviti kompleksno strujno kolo za testiranje dioda. Hajde da vidimo kako se strujno kolo ponaša ako na njega povežemo jednu diodu koja radi i jednu koja je oštećena.

Hajde prvo da pretpostavimo da je dioda nepovezana unutra. To bi bilo isto kao i kada ništa ne bi postojalo između kontakata a i b.

Slika 63

Desni tranzistor će biti zatvoren jer struja ne može da stigne do baze. LED anoda neće sijati. Pritisnite prekidač. Struja će teći kroz prekidač i otpornik od $22\text{ k}\Omega$ do baze desnog tranzistora koji će se otvoriti i LED anoda će svetleti. Ako pritisnete prekidač, levi tranzistor će takođe biti otvoren, ali je to za ovaj test nevažno.

Hajde da pretpostavimo da dioda u sebi ima kratak spoj. To bi bilo isto kao da smo ubacili parče žice između tačaka a i b. Sada će struja teći kroz otpornik od $2,2\text{ k}\Omega$, ubačeno pare žice i otpornik od $22\text{ k}\Omega$ do baze desnog tranzistora. Tranzistor će se otvoriti i LED anoda će svetleti. Sada će se otvoriti levi tranzistor i njegov otpor će biti veoma mali. Kao rezultat toga, napon između odašiljača i kolektora ovog tranzistora će biti isuviše mali da bi struja prolazila do baze desnog tranzistora. Tranzistor će se zatvoriti i LED anoda neće svetleti.

Hajde da pretpostavimo da je dioda ispravna i ispravno postavljena (kao što je prikazano na dijagramu: katoda na štipaljki a). Kada se prekidač otpusti, dioda će zaustaviti struju, koja bi inače išla kroz otpornik od 2.2kΩ do baze desnog tranzistora. Stoga, LED anoda neće svetleti. Kada pritisnete prekidač, levi tranzistor će se otvoriti i otpor između njegovog kolektora i odašiljača će biti veoma mali. Struja koja bi u suprotnom išla preko prekidača i otpornika od 22kΩ će umesto toga prolaziti kroz diodu u levi tranzistor, a desni tranzistor će ponovo biti zatvoren. LED anoda neće svetleti.

Hajde da pretpostavimo da je ubačena dioda dobra, ali da je za strujno kolo povezana u pogrešnom pravcu, i da je katoda na štipaljki b. Struja će teći kroz otpornik od 2.2 kΩ, diodu i otpornik od 22 kΩ do baze tranzistora, koji će se otvoriti i LED anoda će svetleti. Kada pritisnete prekidač, levi tranzistor će se otvoriti i njegov napon će biti veoma mali. Struja će teći kroz prekidač i otpornik od 22 kΩ prema štipaljki b. Pošto je leva štipaljka diode na veoma niskom naponu (zbog toga što je levi tranzistor otvoren), dioda je okrenuta u pogrešnom pravcu. Struja neće teći u ovom pravcu već ka bazi desnog tranzistora. Tranzistor će opet biti otvoren i LED anoda će svetleti.

Na osnovu ovog opisa, možemo napraviti sledeću tabelu:

Stanje diode	prekidač uključen	prekidač isključen
dobro	isključen	isključen
nepovezano	sija	isključen
kratak spoj	isključen	sija
okrenuta u pogr.pravcu sija	sija	

64. GENERATOR ZVUKA

Verovatno ste videli pojačivače sa ekranom koji pokazuje visinu pojedinačnih tonova muzike koju slušate. Na ekranu, možete videti kolone koje skaču gore-dole u ritmu muzike. Ispod kolona, označena je njihova frekvencija, npr: 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, itd.

Za visoko kvalitetnu reprodukciju zvuka, neophodno je da pojačivač jednako pojačava sve ove tonove. Kako možemo ovo da proverimo? Biće nam potreban izvor signala, koji ćemo konektovati za pojačivač i onda ćemo meriti visinu njegovog zvuka iza izlazu pojačivača. Na izvoru, mi možemo da podesimo frekvenciju signala i možemo izmeriti visinu izlaznog signala. Tada možemo promeniti frekvenciju jednog podjednako jakog signala i izmeriti ponovo njegovu visinu. Na ovaj način, videli bi smo koje frekvencije pojačivač najviše pojačava. Sa odgovarajućim komandama, možemo regulisati pojačavanje za svaku frekvenciju odvojeno.

Postoji signal kod koga je zvuk svih frekvencija već prisutan. To je buka. Kada bismo imali izvor buke, konektovali bismo ga na ulaz pojačivača i merili visinu njegovog izlaznog signala zvuka instrumentom koji može da pokaže visinu zvuka pojedinačnih frekvencija.

Takvi instrumenti imaju ekran sa kolonama kao što je gore opisano. Odatle, bilo bi veoma lako regulisati pojačivač.

Slika 64

Strujno kolo koje će generisati buku je prikazano na dijagramu koji sledi. Element koji generiše buku je pravac odašiljač-baza tranzistora BC548 koji se koristi kao dioda i povezan je na strujno kolo u suprotnom pravcu. Tranzistor povezan na ovaj način će generisati i najmanji šum koji može pojačati. Ovde smo koristili pojačivač tranzistora. Kada pritisnete prekidač strujnog kola, čujete šum sa spikera.

65. PREKIDAČ OSETLJIV NA TEMPERATURU

Već smo se upoznali sa načinom na koji rade termistori, tranzistori i releji. Sada imamo dovoljno znanja da sastavimo još kompleksnije strujno kolo.

Zamislite da imate peč i da želite da se ona uključuje automatski kada temperatura padne na određeni nivo. To možemo postići korišćenjem strujnog kola koje je veoma slično onom na dijagramu koji sledi.

Termistor i podesivi otpornik na desnoj strani dijagrama predstavljaju u stvari razdelnik napona. Ako je otpor termistora manji (što se dešava na višoj temperaturi), izlazni napon razdelnika će biti veća. Izlaz razdelnika je konektovan preko otpornika za bazu tranzistora. Kako je napon na razdelniku porastao, struja do baze će porasti i tranzistor

će se otvoriti. Napon između odašiljača i kolektora ovog tranzistora će stoga biti mala. Struja koja teče do baze drugog tranzistora će pasti, tranzistor će se zatvoriti i dioda će prestati da svetli.

Slika 65

Kada bismo umesto LED anode i otpornika od $1k\Omega$ povezali relej, on bi uključivao peč ili otvarao električni ventil za toplu vodu u sistemu centralnog grejanja.

Kako temperatura pada, otpor termistora će rasti. Zbog toga će se desni tranzistor zatvoriti a levi otvoriti i dioda će svetleti.

Strujno kolo se može uklopiti bilo gde, ali termistor mora biti na mestu gde želimo da regulišemo temperaturu.

Između termistor i negativnog pola baterije stoji jedan podesivi otpornik ili potenciometar. Ako je otpor manji, manje struje će teći do baze desnog tranzistora. Ako želimo da struja koja teče do baze tranzistora da bude dovoljno jaka da uključi relej, otpor termistora mora biti spušten na niži nivo, što će se desiti na višoj temperaturi.

To znači da promenom pozicije klizača potenciometra možemo da regulišemo temperaturu na kojoj želimo da se grejanje uključi. Ako smanjimo otpor potenciometra, grejanje će se uključiti na višoj temperaturi, i obrnuto.

Kada sklopite strujno kolo potenciometar okretnite tako da LED anoda prestane da svetli.

Onda ga vratite nazad dovoljno da LED anoda počne da svetli. Zatim termistor držite prstima. Time će se on zagrejati i LED anoda će prestati da sija. Sačekajte kratko vreme.

Termistor će se ohladiti i dioda će ponovo svetleti.

66. ELEKTRIČNA SVETLA

Da biste zapalili sveću potreban vam je izvor toplote (vatra - šibica), a da biste je ugasili potrebno je samo da dunete. Sledeće strujno kolo će se slino ponašati.

Ako termistor zagrejte prstima, otpor će opasti. Napon na termistoru će biti niži, a više struje će teći do baze desnog tranzistora. Odatle, više struje će teći do baze levog tranzistora, prouzrokujući tako da se on otvori i sijalica zasvetli.

Slika 66

Ako su sijalica i termistor jedan blizu drugog, toplota sijalice će zagrejati termistor, i sijalica će nastaviti da sija.

Šta treba uraditi da sijalica prestane da svetli? Duvajte u termistor da se ohladi. Ako je neophodno, duvajte mnogo puta i sijalice će polako nestajati. Hladniji termistor ima veći otpor i manje struje će kroz njega teći.

Tada će manje struje teći i do baze tranzistora i kroz sam tranzistor. Sijalica će prestati da sija.

Sa podesivim otpornikom, možete regulisati temperaturu na kojoj sijalica počinje da sija. Okrenite potenciometar tako da se sijalica ugasi. Sačekajte da se termistor ugasi. Zatim okrenite potenciometar sve dok sijalica ne počne ponovo da svetli i brzo ga vratite nazad da se ona opet ugasi. Proverite poziciju sijalice i termistora. Vlako sijalice treba da bude što bliže termistoru.

67. SIGNALIZIRANJE TEMPERATURNIH PROMENA

Nekada želimo da znamo da li se temperatura promenila u odnosu na onu prethodno ustanovljenu, i ako jeste, u kom pravcu. Ovo se može uraditi korišćenjem strujnog kola sličnom prethodnom.

Karakterično za ovo strujno kolo je način na koji su tranzistori povezani. Struja koja teče od odašiljača teče kroz zglobni (vezani) otpornik od $1k\Omega$.

Slika 67

Ovaj otpornik određuje koja količina struje će teći kroz oba tranzistora zajedno. Naravno više struje će teći kroz tranzistor sa manjim otporom. Zbog toga što struja može da teče kroz levi ili desni tranzistor ili oba podjednako, ovo se naziva balansirano ili izjednačeno strujno kolo. Strujno kolo burno reaguje na razlike u naponu između tačaka a i b. Ukoliko su ove dve voltaže jednake, strujno kolo je balansirano. U toj situaciji, obe diode će sijati istim intenzitetom. Situacija potseća na klackalicu: Svaka strana može ići i gore i dole, ali ako obe strane ulože napor, mogu dostići ravnotežu u kojoj je klackalica stabilna.

Ako jednaka struja teče kroz obe baze, strujno kolo će biti balansirano i oba tranzistora će imati jednaki otpor. Obe diode će sijati jednakim intenzitetom.

Ako se termistor zagreje, otpor će padati. Napon u tački a će biti malo viša od napona u tački b. Desni tranzistor će biti više otvoren od levog, a desna dioda (crvena) će svetleti jasnije, a leva (zeleno) prigušenije nego ranije.

Ako se termistor zagreje, napon u tački a će opasti. Sada će napon na tački b biti viši od napona u tački a. Levi tranzistor će sada biti više otvoren od desnog, zelena dioda će svetleti jasnije a crvena slabije.

Korišćenjem potenciometra kao podesivi otpornik u strujnom kolu, možemo podesiti temperaturu (ili otpor otpornika) na kojoj će strujno kolo biti balansirano. Na toj tački, obe diode će svetleti jednakim intenzitetom. Ako temperatura padne, zelena dioda će svetleti jasnije, a crvena slabije. Kada temperatura raste, dešava se suprotno. Brzi pogled na LED anode će nam biti dovoljan da ustanovimo da li je temperatura ispod ili iznad one koja je prethodno ustanovljena.

68. SIGNALIZIRANJE TAČNO ODREĐENOG NIVOVA VODE U POSUDI

Strujno kolo je napravljeno od izbalansirano strujnog kola dva tranzistora opisana u prethodnom eksperimentu. U ovom slučaju, signalizaciona jedinica bi bila adapterina da reaguje na tečnosti. Može se sastojati od dve duge paralelne ogoljene žice. Kako raste nivo tečnosti, otpor između žica stavljenih vertikalno na zid posude će se promeniti.

Kako je otpor tečnosti različit u svakom slučaju, podesivi otpornik i način njegovog podešavanja se moraju pažljivo odabrati. U primeru sa dijagrama, koristili smo podesivi otpornik od 47kΩ.

Slika 68

69. LOGIČKI IZMENJIVAČ (NOT)

Verovatno ste se pitali kako kompjuter funkcioniše. Verovali ili ne, čak i najkomplicovaniji kompjuter je sastavljen od mnoštva jednostravnih strujnih kola.

Kompjuter ne može da računa i radi sa brojevima kao rade ljudi. Strujna kola ne mogu da koriste tablicu množenja onako kako mi to radimo. Kod kompjutera, sve komande i podaci su napisani znacima koji se sastoje samo od nula i jedinica. Zamislite te nule i jedinice kao oznake "bez napona" i "napon". Nećemo ulaziti u transkripciju podataka i komandi, ali ćemo pokazati osnovna strujna kola bilo kog kompjutera ili kompjuterska integrisana strujna kola.

Logični signali se mogu posmatrati isto kao jedna LED anoda koja svetli ili ne svetli. Reći ćemo da su ulazni podaci logička 1 kada je ulazna štipaljka konektovana za pozitivan pol baterije, a logička 0 kada je konektovana za negativan pol. Na izlazu strujnog kola logička 1 je kada LED svetli a logička 0 kada ne svetli.

Rad bilo kog digitalnog strujnog kola se može opisati tabelom koja prikazuje logičko stanje na ulazu (ili ulazima, ako ih je nekoliko), i izlazu (izlazima, ako ih je nekoliko).

Takva tabela se naziva tabla istine.

Mi ćemo se ograničiti na strujna kola sa maksimalno dva ulaza. Kod svih naših strujnih kola, pokazali smo poziciju ulaza, samog strujnog kola i izlaza.

Izlaz	logičko kolo	ulaz
-------	--------------	------

Slika 69

Kako neka strujna kola imaju dva ulaza a komplet sadrži samo jedan prekidač možete se poslužiti žicom koja je povezana sa ulaznom žabicom koju ćete najpre konektovati za pozitivan (logički 1) a zatim za negativan (logička 2) pol baterije.

Najjednostavnije logičko kolo je izmenjivač. Ovo strujno kolo otkriva značenje ulaznog signala. Ako imamo logički 1 kao ulaz, imaćemo logičku 0 kao izlaz i obrnuto.

Logička tablica iskaza je:

INPUT	OUTPUT
0	1
1	0

Strujno kolo koje se koristi kao izmenjivač je u stvari prekidač tranzistora preko koga možemo videti da li je tranzistor otvoren ili nije. Ako je ulazna štipaljka (v) povezana za pozitivan pol baterije (a), tranzistor će biti otvoren i imaće mali otpor. Paralelno povezana LED anoda neće svetleti.

Kada je ulazna štipaljka (v) konektovana za negativan pol (b) baterije, tranzistor će biti zatvoren i imaće veliki otpor. Struja od pozitivnog pola baterije će teći kroz otpornik od $1\text{ k}\Omega$ i diodu, koja će svetleti.

Slika 70

70. DVA SERIJSKI POVEZANA IZMENJIVAČA:

Ulazi i izlazi logičkog strujnog kola se mogu integrisati da čine novo strujno kolo. Na ovaj način, uz pomoć jednostavnih logičkih kola stvaramo strujno kolo koje može imati veoma komplikovane funkcije između ulaza i izlaza.

Ovde imamo jednostavan primer: dva serijski povezana izmenjivača. Možemo pogoditi kako će izgledati tabela istine: ako je prvi izmenjivač reverzirao značenje logičkog signala, onda će ga drugi re-invertovati.

Logička tablica iskaza ovog strujnog kola bi bila:

INPUT OUTPUT

0	0
1	1

71. LOGIČKO ILI KOLO

Kod ovog strujnog kola, LED anoda će svetleti kada postoji logičko stanje 1 na bilo kom spoju ulaza.

Kod ovog strujnog kola, imamo dva tranzistora kod kojih su odašiljači i kolektori povezani. Kada je bilo koji od njih otvoren, struja će teći kroz otpornik od $1\text{ k}\Omega$, tranzistor i LED anodu. Tranzistor će se otvoriti kada dodirnete pozitivan pol baterije žicom iz ulaza.

INPUT1	INPUT2	OUTPUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

72. LOGIČKO I KOLO

Kod ovog strujnog kola, imamo dva serijski povezana tranzistora. Struja će teći kroz LED anodu samo kada su oba tranzistora otvorena. To znači da oba ulaza moraju biti povezana za pozitivan pol baterije, kao i da moraju imati logičko stanje 1. Tabela istine će ovako izgledati:

INPUT1	INPUT2	OUTPUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Slika 71

Slika 72

73. LOGIČKO NE ILI KOLO

Kod ovog strujnog kola, ponovo imamo dva prekidača tranzistora paralelno povezana. LED anoda će pokazati kada su oba tranzistora zatvorena i kada su prekidači tranzistora otvoreni. Kada su zatvoreni, tranzistori će imati veoma veliki otpor i struja će lako teći kroz diodu, koja će svetleti. Logička tablica iskaza za ovo strujno kolo izgleda ovako:

INPUT1	INPUT2	OUTPUT
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Pogledajte logičku tablicu iskaza za ILI kolo. Kod strujnog kola NE ILI, izlazni signal je suprotan onome kod strujnog kola ILI.

Slika 73

74. LOGIČKO NE ILI KOLO

Pokušajte da se setite logičke tablice iskaza za strujno kolo I; logička tablica iskaza ovog strujnog kola će imati suprotne izlazne vrednosti.

INPUT1	INPUT2	OUTPUT
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Kod ovog strujnog kola, možemo reći kada su dva prekidača tranzistora simultano uključena. Ako pritisnete pozitivan pol baterije žicama iz oba ulaza, struja će teći do baza oba tranzistora, a paralelna dioda neće svetleti. Kada su jedan ili oba tranzistora zatvorena, biće previše otpora i kroz njih neće teći struja. Napon na LED anodi će biti dovoljno visok da ona sija.

Slika 74

75. LOGIČKO NE I KOLO SASTAVLJENO OD I I NE KOLA

Rekli smo da se izmenjivač može uvek koristiti da reverzira značenje signala. Mi tako možemo dobiti isti rezultat sa strujnim kolom NE I, kao i sa strujnim kolom I koje je praćeno izmenjivačem.

Ukoliko su nam potrebne samo funkcije strujnog kola NE I, možemo koristiti gore opisano kolo jer je za njega potrebno manje elemenata nego za ovo strujno kolo. Ali, ako su nam potrebne funkcije i NE I strujnog kola, kao i I strujnog kola, ne moramo sklapati oba kola. Biće dovoljno da povežemo jedno strujno kolo I za izmenjivač. Time će strujno kolo postati jednostavnije. Kod vrlo kompleksnih logičkih strujnih kola, ovakvim potezima proizvođači smanjuju troškove i prostor koji su potrebni za strujna kola.

Recimo da su nam potrebne funkcije i I i NE I strujnog kola. Dobićemo sledeću logičku tablicu iskaza:

INPUT1	INPUT2	OUTPUT AND OUTPUT NAND
0	0	0 1
0	1	0 1

1	0	0	1
1	1	1	0

Slika 75

76. LOGIČKO NE ILI KOLO SASTAVLJENO OD ILI I NE KOLA

Isto kao što smo sastavili logičko strujno kolo NE I od I i NE strujnih kola, možemo sastaviti logičko strujno kolo NE ILI od strujnih kola ILI i NE. Ovde imamo dva izlaza, ILI i NE ILI. Logička tablica iskaza za takvo strujno kolo je:

ULAZ1	ULAZ2	IZLAZ ILI	IZLAZ NE ILI
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Slika 76

77. PRIMER INTEGRISANIH LOGIČKIH FUNKCIJA

Hajde da pretpostavimo da smo sklopili strujno kolo prikazano na dijagramu koji sledi. To strujno kolo je napravljeno tako da je u logičkom strujnom kolu ILI, jedan od ulaznih signala izmenjen. Kako će izgledati logička tablica iskaza za ovo strujno kolo? Tabela istine za strujno kolo ILI je poznata. Mi ćemo je proširiti za onoliko za koliko odredimo izlazni signal izmenjivača za ulaz 1 strujnog kola ILI. Za izlazni signal izmenjivača i signal za ulaz 2, možemo napraviti tabelu istine povezanu sa tabelom istine za strujno kolo ILI. Tako dobijamo sledeću logičku tablicu iskaza:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ INV.	IZLAZ KOLO
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	1	1

Slika 77

Logička tablica iskaza za celokupno strujno kolo će tako biti:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Prikazana strujna kola su veoma jednostavna. Čovek može samo da zamisli kako izgledaju komplikovana logička strujna kola koja su neophodna za kompleksne logičke funkcije.

78. LOGIČKO BISTABILNO STRUJNO KOLO

Sećate se dva serijski povezana izmenjivača? Signal na izlazu je bio isti kao signal za ulazu. Ako je to slučaj, ulaz i izlaz se mogu povezati. Ovim bi se signali u strujnom kolu održali u stabilnom stanju.

Hajde da ubacimo dve LED anode serijski povezane za dva otpornika od 1 k Ω između pozitivnog pola baterije i kolektora tranzistora. Ako ponovo nacrtamo diagram tako da su baze tranzistora okrenute jedna prema drugoj, dobićemo dole prikazani dijagram. Na osnovu tog dijagrama, možete videti da je baza jednog tranzistora preko otpornika povezana za kolektor drugog. Šta se događa ako strujno kolo povežemo za bateriju? Mada leva strana izgleda isto kao i desna, nije tako. Čak i kada su otpornici istog tipa, ne ponašaju se isto. Ovo je takođe tačno za otpornike za koje se pretpostavlja da imaju isti otpor.

Otpor dva identičko označena otpornika nikada nije potpuno jednak, tako da nikada nećemo biti sigurni koji od tranzistora će se otvoriti a koji će ostati zatvoren. Hajde da označimo levi tranzistor sa T1 a desni sa T2, pri čemu je T1 otvoren kada je strujno kolo povezano za bateriju.

Ovaj tranzistor će tako imati veoma mali otpor. Kolektor ovog tranzistora je izlaz prenosnika voltaže koji se sastoji od T1 i otpornik između njegovog kolektora i pozitivnog pola baterije. Otpor LED anode je zanemarljiv. Usled slabog otpora tranzistora, napon na izlazu prenosnika će biti veoma mali. Ovaj napon će biti isuviše mali da provede struju do T2, koji će ostati zatvoren i ponašaće se kao jak otpornik.

Na desnoj strani strujnog kola, T2 i otpornik (i zanemarljiva LED anoda) čine razdelnik napona između kolektora tranzistora i pozitivnog pola baterije. Izlaz ovog razdelnika je na kolektoru T2.

Kako je T2 zatvoren i nudi veliki otpor, napon između odašiljača i kolektora će biti veliki i struja će teći do baze T1, i držati je otvorenu. Ukratko, imamo strujno kolo kod koga T1

Drži T2 zatvoren, a T2 drži T1 otvoren. Stanje u ovom strujnom kolu je stabilno i može biti izmenjeno samo impulsom iz vana.

Ako bazu otvorenog tranzistora povežemo na kratko sa njegovim odašiljačem, struja više neće teći do baze tranzistora i ona će se momentalno zatvoriti. Napon na kolektorima će se povećati i struja će teći do baze drugog tranzistora, koji će ostati otvoren usled gore opisane situacije. Ako želimo da se okrenemo slučaju, moraćemo na trenutak da povežemo bazu otvorenog tranzistora za negativan pol baterije.

Sastavite strujno kolo prikazano na dijagramu. Kada strujno kolo povežete za bateriju, jedna od LED anoda će svetleti a druga neće. Upotrebiti žicu koja je povezana za negativan pol baterije i naizmenično je povežite na štipaljku a i štipaljku b. Na jednoj poziciji, leva dioda će svetleti, a na drugoj zelena. Kada pritisnete žicu na otvoreni tranzistor (LED anoda povezana za kolektor svetli), njegova LED anoda će se ugasiti, a LED anoda na drugom tranzistoru će početi da sija. Promenili smo status strujnog kola jednom intervencijom spolja. Tom intervencijom inicirali smo proces koji je doveo do promene statusa strujnog kola.

Ova intervencija spolja se naziva "okidanje". U našem slučaju mi smo povukli obarač za provodiranje promene tako što smo na tren povezali bazu otvorenog tranzistora za negativan pol. Strujna kola koja imaju strukturu sličnu onoj koja je ovde opisana se nazivaju multivibratori. Strujno kolo ovde opisano ima dva različita ali jednaka stabilna stanja. Zbog toga, ovo strujno kolo nazivamo "bistabilno". Ovo strujno kolo je bistabilni multivibrator.

Funkcionisanje bistabilnog multivibratora je skoro idealo za kontrolisanje aparata koji imaju dva prekidača, gde jedan uključuje a drugi isključuje aparat. Možda ste nekada naišli na slične aparate. U ovom slučaju, možemo jednostavno između negativnog pola i štipaljke a uglaviti prekidač na dugme, isto kao i između negativnog pola i štipaljke b. Otpornik od 1k Ω i LED anode se mogu zameniti relejima koji mogu uključivati aparat.

Slika 78

79. DRUGI METOD ZA OKIDANJE KOD BISTABILNOG MULTIVIBRATORA

Postoji još jedan način za povratak na staro stanje kod bistabilnog multivibratora. U ovom slučaju, strujno kolo je veoma slično prethodnom. Razlika je u okidaču za promenu. Okidač za promenu je zatvaranje trenutno otvorenog tranzistora ili otvaranje trenutno zatvorenog tranzistora nekom spoljnom intervencijom.

Dotaknite žicu do kolektora tranzistora koji je zatvoren i čija LED anoda ne svetli. Doći će do kratkog spoja. Struja će prestati da teče do baze drugog tranzistora koji će se tada zatvoriti, vraćajući nazad (na staro) status strujnog kola.

Slika 79

80. OKIDANJE BISTABILNOG MULTIVIBRATORA STRUJOM DO BAZE

Status strujnog kola se takođe može izmeniti usmeravanjem struje sa pozitivnog pola baterije, kroz otpornik, do baze trenutno zatvorenog tranzistora. Tako će se otvoriti tranzistor, i status će biti vraćen unazad.

Ovde smo opisali tri različita metoda za vraćanje statusa unazad kod takvih strujnih kola. Sve metode su jednako efikasne. Koju ćemo koristiti zavisi od toga kako nameravamo da upotrebimo strujno kolo.

Slika 80

81. BISTABILNI MULTIVIBRATOR I DUGMAD OSETLJIVA NA DODIR

U ovom slučaju, pokrenućemo bistabilni multivibrator tako što ćemo usmeriti struju do baze tranzistora direktno sa pozitivnog pola baterije. Ovo se takođe može uraditi korišćenjem dugmeta koje je osetljivo na pritisak. Ne zaboravite da površina kože kod ljudi ima otpor!

Stavite žabicu povezanu za pozitivan pol baterije između žabica a i b. Kada dodirnete clip a ili b sa srednjom clip, status multivibrator će biti vraćen unazad. Crvena i zelena dioda mogu lako predstavljati ON i OFF.

Između pozitivnog pola baterije i srednjeg dugmeta osetljivog na dodir stoji otpornik. On ima namenu da spreči da se višak struje ulije u bazu tranzistora, što može uništiti tranzistor.

Ako se strujno kolo ne vrati pošto su se kontaktne tačke senzora dodirnule, pokušajte vlažnim prstom.

82. MEMORIJSKO KOLO

Kod kompjutera, bistabilni multivibrator se koriste kao memorijska strujna kola. Status u strujnom kolu je veoma stabilan i neće se promeniti osim ako je nešto iz spoljnog sveta poslužilo kao okidač.

Slika 81

Ako je strujno kolo konstruisano kao bistabilni multivibrator koji su ovde prikazani, može doći do nekih poteškoća: kod bistable multivibratora, ne znamo u kom statusu je bio kada je uključen. To znači da u kompjuterskoj memoriji možemo imati nešto za šta nismo sigurni šta predstavlja.

Ako je kondenzator prazan, električna struja će teći kroz njega i napajati ga. Na kontaktima praznog kondenzatora nema napona. Napon na kontaktnim tačkama kondenzatora počinje da se povećava tek kada on počne da se puni. Kondenzator će svakako biti prazan ako nije bio povezan ni sa jednim izvorom struje.

Hajde da kondenzator povežemo između baze i odašiljača tranzistora u jednom bistabilnom multivibratoru. Kada strujno kolo povežemo za bateriju, prazan kondenzator će prouzrokovati da struja, koja bi inače tekla do baze tranzistora, teče pravo u kondenzator. Čak i ako je strujno kolo bilo sklono da ostavi ovaj tranzistor otvoren, kondenzator bi to sprečio.

Kao rezultat, drugi tranzistor e se otvoriti. Konačan rezultat bi bio da svaki put kada multivibrator povežete za izvor struje, crvena LED anoda će svetleti.

Pritisnite dugme prekidača. Baza levog tranzistora će biti na kratko povezana za negativan pol, a levi tranzistor će biti zatvoren.

Slika 82

Crvena LED anoda će prestati da sija, a zelena će početi. Ovaj status će ostati stabilan sve dok se baterija ne diskonektuje. Ako želite da se vratite na stari status dok je strujno kolo povezano, multivibrator treba provocirati tako da se desni tranzistor zatvori. To se može uraditi izazivanjem kratkog spoja na kondenzatoru.

83. BISTABILNI MULTIVIBRATOR KAO BINARNI PRENOSNIK

Zapamtite da se status bistabilnog multivibratora takođe može menjati kratkim povezivanjem kolektora otvorenog tranzistora za negativni pol.

Napon otvorenog tranzistora je mnogo niži od napona zatvorenog. To može prouzrokovati da od kolektora zatvorenog tranzistora prema negativnom polu kroz paralelnu žicu teče više struje.

Da bismo izmenili status bistablnog multivibratora, ne smemo napraviti kratak spoj na oba tranzistora u isto vreme jer će to dovesti do situacije slične onoj koju smo imali kada je strujno kolo bilo povezano na bateriju.

Znamo da je dioda tako konektovn da struja može da teče jer ima mali otpor. Svojtvo diode je i to da kada je otpor jednak nuli, napon je oko 0.6 V. Takođe znamo da otvoreni tranzistor ima veoma mali otpor. Između kolektora i odašiljača tranzistora, napon je čak i manji, najviše jednu desetinu volta.

Slika 83

Ako diodu povežete između kolektora i odašiljača otvorenog tranzistora, to neće uticati na status strujnog kola jer će struja i dalje teći kroz otvoreni tranzistor koji ima manji otpor.

Sada, hajde da se vratimo na strujno kolo! Dve diode, čije su katode povezane, povezane su za kolektor oba tranzistora. Jedna od njih je LED anoda. Pritisnite prekidač nekoliko puta! Svaki put, status multivibratora će biti vraćen u nazad. Kada je dugme prekidača pritisnuto, struja će teći od kolektora tranzistora kroz diodu do negativnog pola baterije. Struja će teći samo kroz diodu povezanu na zatvoreni tranzistor. Kod otvorenog tranzistora, napon između kolektora i odašiljača će biti isuviše mali da bi pogurala struju kroz diodu ili LED anodu. Pritisak na prekidač uvek utiče na strujno kolo tako da će se tranzistor koji je otvoren zatvoriti, i obrnuto. Dok pritisakmo prekidač, možemo posmatrati kako se prvo desna, a zatim i leva dioda uključuju. Ista dioda je uključena sekundu posle uključivanja. Ako smo izbrojali samo brojeve prvog puta uključene diode, broj koji ćete dobiti bi bio polovina brojeva puta koliko je prekidač pritisnut. Ovo strujno kolo će se koristiti za deljenje sa 2. Izlazni signal takvog strujnog kola će se koristiti za kontrolisanje ulaza sledećeg strujnog kola i strujno kolo ćemo dobiti deljenjem sa 4. Ako takva strujna kola povežemo u niz, dobićemo strujno kolo za deljenje sa 2, 4, 8, 16, 32, itd.

Strujno kolo za deljenje sa dva element predstavlja osnovni element svih deljivih strujnih kola. Korišćenje strujnih kola za deljenje sa dva i logičkih strujnih kola, možemo konstruisati strujno kolo za deljenje sa bilo kojim brojem.

Dva elektrolitička kondenzatora su paralelno povezana osnove tranzistora paralelno s otpornikom. Kondenzatori obezbeđuju da će se status vratiti unazad čak i posle najkraćeg mogućeg impulsa na prekidač.

Pritiskom na prekidač crvena dioda će na kratko bljesnuti. To signalizira da je došlo do promene u statusu strujnog kola. Takođe smo mogli da koristimo običnu diodu, ali u kompletu imamo samo dve obične diode i tri LED anode.

84. UKLJUČIVANJE I ISKLJUČIVANJE SVETLA JEDNIM DUGMETOM

Strujno kolo koje deli sa 2 se takođe može koristiti u svrhe koje nemaju veze sa kompjuterija. Dobar primer za to je strujno kolo kojim možemo uključiti neki aparat i isključiti ga, pritiskom samo na jedno dugme.

U ovom primeru, pokazali smo kako se sijalica može uključiti i isključiti pritiskom samo na jedno dugme. LED anoda signalizira svaki put kada je komandno dugme pritisnuto.

Umesto sijalice, možemo povezati i relej koji bi uključivao i isključivao neki jači aparat, npr. motor ventilatora ili svetla na stadionu.

Slika 84

85. MONOSTABILNI MULTIVIBRATOR

Monostable multivibrator je strujno kolo u stabilnom statusu. Ako je status izmenjen spoljnim impulsom, on će se, posle nekog vremena, vratiti u stabilno stanje.

Zelena LED anoda će svetleti kada je strujno kolo konektovano na izvor struje. Desni tranzistor ima veliki otpor i napon između kolektora i odašiljača će biti veliki. Pošto je napon na bazi levog tranzistora nizak, elektrolitički kondenzator će se puniti.

Slika 85

Pritisnite prekidač na trenutak. Baza levog tranzistora će se na kratko povezati sa odašiljačem, u bazi neće više biti struje i tranzistor će se zatvoriti. Ovo će povećati napon na kolektoru ovog tranzistora, a struja će oteći do baze desnog tranzistora. Status multivibratora će biti vraćen unazad. Desni tranzistor će sada imati veliki otpor; preko potzivne tačke kontakta kondenzatora će biti povezan za negativan pol baterije. Sada će struja teći do kondenzatora kroz otpornik od 100kΩ i puniti ga. Napon negativnog

kontakta kondenzatora će se povećavati sve dok ne dosegne tačku na kojoj struja može biti usmerena ka bazi levog tranzistora. Levi tranzistor će se otvoriti i multivibrator će se vratiti na svoj prethodni status.

Monostabilni multivibrator se može koristiti za kratko uključivanje (ako koristite desni tranzistor) ili isključivanje (ako koristite levi tranzistor). Tačno je da smo već sklapali strujna kola koja bi isto to uradila mnogo jednostavnije.

Prednost strujnih kola sa monostabilnim multivibratorom u odnosu na one koji rade putem punjenja i pražnjenja kondenzatora je u tome da se ulazni napon u slučaju pražnjenja menja u trenutku. LED anoda se uključuje i isključuje vrlo brzo. Kod strujnih kola koj su ranije opisana, promena je bila postepena. Ako se sećate, kod tih strujnih kola LED anoda je polako bleдела.

86. IMPULS KOLEKTORA KAO OKIDAČ KOD MONOSTABILNOG MULTIVIBRATORA

Isto kao kod bistabilnog multivibratora, kao okidač kod monostabilnog multivibratora mogu poslužiti razne stvari. U slučaju koji je ovde pokazan, do okidanja će doći na kolektoru desnog tranzistora. U normalnom statusu, tranzistor je zatvoren. Stoga je napon na bazi tranzistora veoma visok. Kako napon na bazi tranzistora ne može biti veći od 0,6V, elektrolitički kondenzator će se puniti.

Kada pritisnete okidač, kolektor desnog tranzistora će se na kratko povezati za negativan pol. Pozitivna elektroda elektrolitičkog kondenzatora će biti na negativnom polu baterije. Pošto se kondenzator puni, njegov negativni kontakt će biti ispod negativnog napona i tranzistor će se momentalno isključiti. Sada će struja teći u kondenzator kroz otpornik od 100Ω.

Kako napon na negativnoj tački kontakta kondenzatora postaje dovoljno visok, struja će teći do baze levog tranzistora i multivibrator će menjati svoj status, koji će ovog puta ostati stabilan.

Slika 86

87. STRUJA DO BAZE KAO OKIDAČ KOD MONOSTABILNOG MULTIVIBRATORA

Efekat koji se postiže privremenim povezivanjem kolektora desnog tranzistora sa negativnim polom, se može postići i otvaranjem desnog tranzistora.

Slika 87

Ovo se može uraditi usmeravanjem struje do baze ovog tranzistora. Struja će do zatvoreni desni tranzistor teći preko otpornika od 22kΩ.

Kao i u slučaju bistabilnog multivibratora, ovde smo pokazali, kada se radi o monostabilnom multivibratoru, tri metoda za okidanje (startovanje) strujnog kola. Koji metod ćemo odabrati zavisi od načina upotrebe i impulsa za okidanje koje vam je na raspolaganju.

Kod monostabilnog multivibratora, tri metoda za okidanje nemaju jednaka svojstva. U prvom slučaju, gde smo na kratko povezali negativan pol i bazu otvorenog tranzistora, kondenzator se ispraznio manje nego u druga dva slučaja. Napon između baze i odašiljača otvorenog tranzistora je 0,6V. Znači, kada pritisnemo prekidač, napon na kontaktnim tačkama kondenzatora će se promeniti samo za 0,6V.

U slučaju gde smo startovali promenu na kolektoru baze zatvorenog tranzistora u stabilnom stanju strujnog kola, kondenzator se potpuno ispraznio. Posledica će biti da je potrebno mnogo više vremena da se status strujnog kola ponovo vrati u stabilan.

88. PREKIDAČ OSETLJIV (KOJI REAGUJE) NA ZVUK

Kao okidač kod monostabilnog multivibratora takođe može poslužiti i dugme prekidač, uz uključivanje jednog spoljnog elementa. U primeru koji navodimo, okidač za monostabilni vibrator je signal sa zvučnika koji se koristi kao mikrofون.

Slika 88

Takvo strujno kolo se može koristiti da se startuje alarm ili za svetlost u diskoteci. Elektrolitički kondenzator je serijski povezan za zvučnik, sprečavajući tako da kroz njega direktno teče struja. Takođe se ne ponaša kao barijera za naizmeničnu struju. Strujno kolo je veoma slično prethodnom. Ovo strujnom kolu je dodati i potencijometar. Njime možete regulisati senzibilitet. Kada je klizač veoma blizu pozitivnom polu baterije, strujno kolo će biti manje osetljivo.

Kada smo sklopili strujno kolo i povezali ga za bateriju, moraćemo ga malo podesiti. Ako LED anoda sija, okrećite potencijometar sve dok se ne ugasi. Zatim ga polako vratite nazad do tačke gde počinje da sija. Ponovo sačekajte da se ugasi. LED anoda će prekinuti da sija. Dignite u spiker ili ga lagano udarite. LED anoda će sijati nekoliko sekundi.

89. REGULATOR SVETLA

Već smo spomenuli da se tranzistor može koristiti kao podesivi otpornik, kod koga će otpor zavisi od struje koja teče do baze. Ovo svojstvo se može koristiti za promenu napona, npr. u konvertoru.

Slika 89

Sa potencijometrom u nižem delu strujnog kola, možemo podesiti napon između odašiljača i negativnog pola baterije. Pravac baza-odašiljač tranzistora se ponaša kao dioda koja je okrenuta od baze ka odašiljaču. Ako je tranzistor otvoren, struja će teći kroz njega. Napon diode koja je okrenuta u pravcu provođenja je 0,6V. Kod otvorenog tranzistora, napon između baze i odašiljača je takođe 0,6V. Ako postoji napon između baze i tranzistora i negativnog pola baterije, napon između odašiljača i negativnog pola baterije će biti za 0,6V niža. Ako okrenete potencijometar, napon će varirati od 0 do 9 volti. Napon između odašiljača i negativnog pola baterije će biti za 0,6V niža od napona klizaču potencijometra. Potencijometar ima osrednji otpor i kroz njega će teći malo struje. Mnogo jača struja može da teče kroz tranzistor, ali ovu struju takođe određuju elementi konektovani između odašiljača i negativnog pola.

Ovde su povezani jedan otpornik od 1kΩ i jedna LED anoda. Uzmite parče žice i povežite drugi otpornik i LED anodu malo dalje od ove diode. Kada pritisnete prekidač i uključite LED anodu, intenzitet svetla se neće promeniti. To znači da je napon između odašiljača i negativnog pola baterije ostao nepromenjen. Kako će više struje sada teći kroz tranzistor (dve diode svetle) a napon između kolektora i odašiljača se nije promenio, otpor tranzistora je morao da opadne!

A da smo umesto tranzistora koristili običan otpornik, konekcija druge LED anode bi prouzrokovala da više struje teče kroz otpornik. Kako je struja povećana, napon po otporniku bi se takođe uvećavao, a napon po LED anodi bi opadao. Konektovanje druge LED anode bi prouzrokovalo da prva LED anoda svetli sa manje sjaja.

Ovo strujno kolo je korisno za regulisanje napona. Često se strujno kolo kod koga je kolektor povezan za pozitivan pol baterije, gde između odašiljača i negativnog pola imamo druge elemente strujnog kola (npr. sijalicu) zove obeleživač odašiljača. To ime je sasvim odgovarajuće jer napon odašiljača obeležava promene napona na samoj bazi i uvek je niži za 0,6 V. Dobar primer korišćenja ovog strujnog kola je regulator intenziteta svetlosti.

90. ELEKTRIČNI PREKIDAČ SA HISTEREZOM

Sastavite strujno kolo onako kako je prikazano na dijagramu. Okrenite potencijometar levo i desno i primetite na kojoj se poziciji LED anoda uključuje i isključuje. Primetićete da su te dve pozicije različite. Da bi LED anoda sijala, napon na klizaču potencijometra treba da bude viša od one na kojoj LED anoda počinje da se gasi.

Kako je napon na klizaču na kome LED anoda počinje da svetli viša od napona na kome ona prestaje da svetli, mi možemo označiti ove dve tačke na potencijometru. Ali, kada okrenemo potencijometar u jednom smeru, strujno kolo se ne ponaša isto kada ga vratimo. Ovaj fenomen, gde se promene u jednom pravcu razlikuju od promena u pravcu nazad, naziva se histereza.

Hajde da pretpostavimo da je klizač potencijometra na poziciji gde dodiruje krajnji kontakt konektovan za negativan pol baterije. Struja neće teći do baze desnog tranzistora i on će biti zatvoren. Napon po bazi levog tranzistora će biti visok. Strujno kolo će teći kroz otpornik od 5,6 kΩ i tranzistor će biti otvoren. LED anoda će svetleti.

Ako potencijometar okrenete tako da napon na klizaču raste, struja do baze desnog tranzistora će takođe početi da raste. Kao rezultat, struja kroz desni tranzistor će takođe početi da se povećava, a njegov otpor će početi da opada. Manje struje će teći do baze levog tranzistora. Struja koja kroz njega teče će početi rapidno da opada, mnogo brže nego što će struja kroz desni tranzistor početi da raste. Ova struja teče kroz otpornik koji je zajednički za odašiljače oba tranzistora. Pošto se struja kroz desni tranzistor uvećava mnogo sporije nego što struja kroz levi tranzistor opada, ukupna struja kroz otpornike će opasti, kao što će opasti i napon na njihovim tačkama kontakta. Ovo će imati isti efekat kao i kada na kratko povežemo odašiljač desnog tranzistora sa negativnim polom baterije. Kako je napon na klizaču potencijometra ostao nepromenjen, desni

tranzistor će se momentalno otvoriti, levi zatvoriti, a LED anoda će prestati da svetli. Ako okrenete potenciometar u suprotnom pravcu, ceo proces će biti ponovljen u suprotnom pravcu.

Ovo strujno kolo se naziva Šmitov okidač.

Slika 90

91. PULSIRAJUĆE SVETLO

Kod ovog strujnog kola koristimo Šmitov okidač. Što više struje teče kroz strujno kolo, ono će imati manji otpor i obrnuto.

Slika 91

Ako strujno kolo prikazano na dijagramu konektujemo za bateriju, sijalica neće svetleti.

Kao prvo, kondenzator je prazan. Kroz prazan kondenzator, struja će teći do baze. U isto vreme kondenzator će se puniti i napon na kontaktnim tačkama će se povećati. To znači da će napon između baze i odašiljača postepeno opadati. U nekom trenutku, napon na bazi će biti tako nizak da će se tranzistor zatvoriti. Ovo će poslužiti kao okidač za proces koji je napred naveden kao strujno kolo Šmitov okidač. Drugi tranzistor će se otvoriti i sijalica će svetleti.

Struja takode teče kroz otpornik od $56k\Omega$. To će prouzrokovati napon na kontaktnim tačkama. To će takode prouzrokovati da napon između baze prvog tranzistora i pozitivnog pola baterije opada. Elektrolitički kondenzator će se sada isprazniti kroz otpornik od $1k\Omega$ i podesivi otpornik. Kada je napon dovoljno nizka (ili kada je napon između baze i odašiljača prvog tranzistora dovoljno visok), prvi tranzistor će se otvoriti i to će biti okidač za promenu statusa strujnog kola. Sijalica će svetleti.

Sa potenciometrom od $47k\Omega$, možemo regulisati meru pražnjenja kondenzatora. To takode znači da potenciometrom možemo regulisati frekvenciju celog strujnog kola.

92. REGULACIJA FRIŽIDERA

Sećate li se prekidača koji je osetljiv na toplotu, a koji je ranije opisan u ovoj knjizi? Sličan prekidač se može koristiti za regulisanje frižidera. Problem je u tome što će se uključivanje i isključivanje motora frižidera dešavati na skoro jednakoj temperaturi. Posledica toga je da će motor veoma često biti uključivan i isključivan, što za frižider neće biti dobro. U ovom strujnom kolu, integrisana su dva strujna kola: prekidač osetljiv na struju i električni prekidač sa histerezom. Okrenite potenciometar tako da zelena LED dioda slabo svetli. Crvena dioda će biti isključena. Dodirnite termistor prstima ili lagano dunite topao vazduh. Zelena dioda će početi da sija intenzitetom koji se uvećava, na određenoj tački, a crvena dioda će početi da svetli. Ostavite termistor da se ohladi ili duvajte u njega da bi se ohladio brže. Svetlo zelene diode će opadati, a crvena će se potpuno ugasiti. Regulacijom potenciometra kontrolišemo temperaturu na kojoj se sve to dešava. Intenzitetom svoje svetlosti, zelena LED anoda signalizira kada temperatura počinje da raste. Umesto crvene LED diode, možemo da instaliramo jedan relej koji će uključivati motor frižidera. Usled histereze, motor će raditi na nešto višoj temperaturi od one na kojoj je bio uključen, što je upravo ono što želimo. Ako slušate frižider, primetićete da se motor uključuje na neko vreme i onda prestaje da radi. Temperatura u frižideru je pala za stepen ili dva. Kako temperatura raste, motor će se ponovo uključiti.

Slika 92

93. STEPENIŠNO SVETLO

Kod ovog strujnog kola, koristimo Šmitov okidač. Zašto je ovo strujno kolo bolje od prekidača koji na kratko uključuje aparat?. U slučaju prekidača, napon a izlazu je postepeno opadao, dok je kod ovog strujnog kola napon konstantan i prestaje u trenutku. Tako LED anoda svetli istim sjajem sve vreme dok je uključena.

U prethodnom eksperimentu smo koristili potenciometar da testiramo funkcionisanje strujnog kola. U ovom primeru, imamo kondenzator na izlazu strujnog kola, koji se puni preko otpornika od $100k\Omega$. Kada se kondenzator puni, desni tranzistor je otvoren i strujno kolo je isključeno. Pritisnite prekidač. Desni tranzistor će se momentalno zatvoriti i LED anoda će svetleti.

Kondenzator će početi da se puni. Kako se napon na kontaktima uvećava, struja do baze prvog tranzistora će se takode povećati. Ovo će predstavljati okidač za proces opisan u prethodnom slučaju. Posle nekog vremena, status strujnog kola će se izmeniti i LED anoda će se isključiti.

Slika 93

94. SIMETRIČNI ASTABILNI MULTIVIBRATOR

Nekada nam je potreban signal na koji će se dva svetla naizmenično uključivati i isključivati. Dobar primer je semafor na raskrsnici.

Strujno kolo koje sledi je primer kako se to može uraditi. To strujno kolo se naziva astabilni multivibrator.

Slika 94

Kako ovo strujno kolo radi? Da pojednostavimo opis, otpornici imaju obeležja R1, R2, R3 i R1, kondenzatori C1 i C2, tranzistori T1 i T2, a LED anode D1 i D2. Dok proučavamo ovaj opis, pratite ovo strujno kolo na dijagramu.

Hajde da zamislimo da smo strujno kolo povezali sa izvorom struje. Leva strana strujnog kola je ista kao desna strana na dijagramu, ali u praksi ne postoje dva apsolutno jednaka elementa. Dakle, hajde da pretpostavimo da kada smo strujno kolo povezali sa izvorom struje, a da je struja raspodeljena tako da malo više struje teče do baze sa oznakom T1 nego do baze T2. To će uzrokovati da se T1 otvori. Napon između kolektora i odašiljača sa oznakom T1 će biti veoma nizak. Leva LED anoda će svetleti. Električna struja koja teče kroz R2 će puniti elektrolitički kondenzator C1. U isto vreme, T2 će biti zatvoren i možemo se pretvarati da i ne postoji u strujnom kolu. Desna tačka kontakta C2 je povezan za pozitivan pol baterije preko otpornika R4 i LED anodu. Leva tačka kontakta je konektovan za bazu T1. C2 se puni tako da je pozitivna struja na njegovoj desnoj strani.

Posle nekog vremena, C1 će biti dovoljno pun da struja može teći do baze T2. Tranzistor će se otvoriti i njegov otpor će biti mali. Napon između kolektora i odašiljača T2 će praktično biti nula. Napon na levoj tački kontakta C2 će biti manji nego na desnoj.

Ovaj napon je sada isuviše mali za T1, i struja će momentalno prestati da teče do baze. T1 je sada zatvoren, a T2 otvoren, a desna LED anoda svetli. Kondenzator C2 se puni preko otpornika R3, tako da je njegova leva tačka kontakta pozitivna. Ukratko, uloge tranzistora su se vratile unazad reverzovale.

Ovaj proces se stalno ponavlja, i diode D1 i D2 alternativno svetle. Možemo izračunati koliko dugo vremena će diode svetleti.

Leva LED anoda D1 će svetleti:

$$t_1 = 0,7 \cdot C_1 \cdot R_2$$

a desna

$$t_2 = 0,7 \cdot C_2 \cdot R_3.$$

Ako su levo i desno strujno kolo jednaki, diode će svetleti jednak vremenski period. Dijagram pokazuje da kondenzatori imaju kapacitet od 100 μF ili 0,0001F a otpornici 22k Ω or 22.000 Ω .

Ako upotrebimo jednačinu za izračunavanje intervala, videćemo da će svaka dioda svetleti otprilike:

$$t = 0,7 \cdot 0,0001 \cdot 22.000$$

što je:

$$t = 1,54 \text{ s.}$$

Svaka dioda će svetleti otprilike sekundu ipo.

95. PROMENE U FUNKCIONISANJU ASTABILNOG MULTIVIBRATORA

Već smo rekli da će LED anode svetleti jednako vreme ako su leva i desna strana strujnog kola jednake. Neka i oba kondenzatora ostanu jednaka. Ako promenimo dva centralna otpornika, vreme svetla dioda će se drastično promeniti. Videli smo da diode svetle fiksirani vremenski interval koji je jednak:

$$t_1 = 0,7 \cdot C \cdot R_2$$

i

$$t_2 = 0,7 \cdot C \cdot R_3.$$

Ako su kondenzatori isti, diode će svetleti ukupno:

$$t = t_1 + t_2$$

ili

$$t=0,7 \cdot C \cdot R_2 + 0,7 \cdot C \cdot R_3.$$

Ukupno vreme će tada biti

$$t=0,7 \cdot C (R_2 + R_3)$$

Kod ovog strujnog kola, otpornik R2 je 2,2kΩ i deo otpora potenciometra između levog kontakta i klizača, dok je R3 5,6kΩ i deo otpora potenciometra između desnog kontakta i klizača. Ukupan otpor otpornika R2 + R3 će uvek biti isti, bez obzira na poziciju potenciometra. To znači da potenciometrom možemo regulisati odnos između svetlećih intervala dioda, dok ukupno vreme ostaje isto.

Slika 95

96. REGULATOR SVETLA SA MULTIVIBRATOROM

U ovoj knjizi svmo već smo opisali regulator svetla. Tu smo kontrolisali intenzitet svetla promenom napona na kontaktima sijalice. Ovaj metod regulacije se ne može koristiti za svetla koja ne mogu da funkcionišu na nižem naponu. Dobar primer takvih svetala su svetla sa fluorescentnim cevima. Kod ovih svetala, eksploatišemo njihovu osobinu da se mogu ponovo uključiti kada su bili isključeni, ako vreme između uključivanja i isključivanja nije predugo.

Hajde da pretpostavimo da takvo svetlo uključujemo i isključujemo u kratkim intervalima. Zbog prirode ljudskog oka, nećemo čak ni primetiti da se svetlo isključilo. Mi određujemo interval. Ako u okviru tog intervala promenimo vreme tokom koga

Slika 96

će svetlo biti uključeno, to ćemo registrovati kao promenu intenziteta svetla.

U tu svrhu, upotrebićemo multivibrator opisan u prethodnom eksperimentu. Intervali između uključivanja i isključivanja ne bi trebali da budu dugi kao kod prethodno opisanog primera. Umesto kondenzatora od 100μF koristite kondenzator od 10nF. Njegov kapacitet je hiljadu puta manji, a LED anoda će pulsirati hiljadu puta brže. Pulsiranje se neće čak ni primetiti. Kada okrenete potenciometar, dužina vremena svetla LED anoda će se promeniti i vi ćete imati osećaj da se promenio intenzitet svetlosti anoda.

97. PROMENA RADNE FREKVENCIJJE JEDNOG ASTABLNOG MULTIVIBRATORA

Brzina, ili frekvencija, kod astable multivibrator se može promeniti zamenom jednog ili oba njegova centralna otpornika. Ako želite da promenite radnu frekvenciju, morate promeniti frekvenciju oba otpornika. To se može jednostavno uraditi parcijalnim povezivanjem otpornika. Dobijate strujno kolo prikazano na dijagramu.

Okretanjem potenciometra levo i desno, radna frekvencija multivibratora će se promeniti dok je odnos perioda svetlosti dioda ostao nepromenjen.

Slika 97

98. SENZORI ZA KOLA

Korišćenjem multivibratora, možemo napraviti strujno kolo koje upravlja senzorima za pravac u automobilu. Kako vozač mora znati da li su senzori uključeni, obično postoji i zvučni signal koji ga prati. U strujnom kolu koje je ovde prikazano, postoji zvučnik koji je instaliran da služi u ove svrhe. Sa spikera čućete zvuk krckanja u skladu sa senzorima.

Slika 98

99. PODEŠAVANJE RADNE BRZINE BRISAČA

Neki automobili imaju mogućnost regulisanja brzine brisača. Ako kiša nije prejaka, to može biti korisno. Ako je kiša slaba, šoferšajbna će biti suva i brisači će brisati skoro suhu površinu. Zbog toga će preskakati neke delove, kojom prilikom će praviti neprijatnu buku.

Slika 99

Ako posmatrate brisače dok rade, primetićete da je vreme za jedno „brisanje“ preko šoferšajbne fiksirano. Za to vreme, motor brisača se mora isključiti. Vreme između brisanja je proizvoljno.

Da bi se regulisalo vreme između dva brisanja, možemo koristiti astabilni multivibrator kod koga ćemo zameniti jedan od centralnih otpornika.

Drugi centralni otpornik je određen da održava motor u radu dovoljno dugo da brisači mogu da pređu preko šoferšajbne i nazad. Ako okrenete potencijometar, interval između brisanja će se promeniti.

Umesto LED anode i otpornika od $1k\Omega$ možemo povezati jedan relej koji bi uključivao i isključivao motor brisača.

100. ELEKTRONSKI METRONOM

Ukoliko ste ikada imali neki ozbiljan kontakt sa muzikom, sigurno znate koliko je ritam važan. Tokom vežbanja, muzičari koriste metronom kojima tik-tak ritam. Mora postojati mogućnost regulisanja rada metronoma, jer on nije isti za, recimo, živahnu polku i lagani valcer.

Slika 100

U našem slučaju, za sklapanje metronoma smo koristili jedan astabilni multivibrator. Za razliku od klasičnih metronoma koji proizvode samo zvuk, ovaj takođe daje i prigušene signale. Stoga ga možemo videti sa udaljenosti ili ga možemo koristiti za veoma glasnu muziku, koja sprečava da se zvuk metronoma čuje.

101. MULTIVIBRATOR I ZVUČNIK SA ZUJALICOM

Odgovarajućim odabirom kondenzatora i otpornika, možemo napraviti jedan multivibrator koji će oscilirati na frekvenciji koju je moguće čuti. Povezati ćemo jedan konektoračemo serijski povezani zvučnik i otpornik između kolektora jednog od tranzistora i pozitivnog pola baterije.

Slika 101

Ako smatrate da je neki zvuk isuvše slab, možete otpornik od $1k\Omega$ zameniti sa onim od 270Ω .

Pritisnite prekidač. Okrenite potencijometar sve dok ne čujete željeni zvuk.

102. ZUJALICA ZA PROUČAVANJE TELEGRAFIJE

Morzeova telegrafija je nekada bila jedino sredstvo prenosa poruka na velikoj udaljenosti. Zbog značaja koji je imala u ono vreme, ovaj oblik telegrafije je naziv dobio po svom pronalazaču, Samuelu Morzeu.

Sa napretkom tehnologije, ona gubi svoj značaj, ali je još uvek vrlo korišćena među radio amaterima.

Ako ste zainteresovani, može vam biti od koristi da naučite Morzeovu azbuku. Da biste je naučili, možete koristiti zujalicu. Za zujalicu upotrebite multivibrator. Ovde nije važno kako ćete pozicionirati potencijometar da biste regulisali teren. Dugme sa kojim uključujete multivibrator se može koristiti za lupanje Morzeove azbuke. Prilikom lupanja Morzeovih slova, držite se pravila da jedna crta može da traje period od tri tačkice, između delova koda (tačkice i crtice), interval je dug za jednu tačku, a između pojedinačnih kodova interval je tri tačke.

Slika 102

Morzeova azbuka

A . -	J . - - -	S . . .	1
B - . . .	K - . -	T -	2
C - . . .	L	U . . . -	3
D - . .	M - -	V . . . -	4
E .	N . .	W . . -	5

F	O	X	6
G	P	Y	7
H	Q	Z	8
I	R		9
			0

103. MAŠINSKA PUŠKA

Kod mašinske puške, zvuk njenog pučnja se čuje u pravilnim intervalima. U našem slučaju, imitiraćemo zvuk mašinske puške uz pomoć jednog astabilnog multivibratora kod koga će funkcionisanje jednog tranzistora prouzrokovati zvuk a funkcionisanje drugog tranzistora će odrediti vremenski period između dva zvučna izveštaja.

Slika 103

Kod ovog strujnog kola, desni kondenzator je keramički a levi elektrolitički. To stvara odnos od nekoliko stotina između vremenskog intervala otvaranja levog i desnog tranzistora.

Kada povežemo astabilni multivibrator za izvor struje, trebaće da prodje neko vreme pre nego što se kondenzatori počnu puniti i strujno kolo počne da radi. Da bi multivibrator funkcionisao na željeni način, odmah po pritisku prekidača, videli smo jedan različiti sistem za uključivanje multivibratora. Kada pritisnete prekidač, jak zvuk mašinske puške će se momentalno čuti sa spikera.

104. ALTERNATIVNO UKLJUČIVANJE I ISKLJUČIVANJE APARATA

Zamislite da u procesu proizvodnje koristite presu. Nekada presa mora biti otvorena, a nekada zatvorena. Tokom procesa proizvodnje, presa radi i stalno se otvara i zatvara. Kontrolno strujno kolo mora da obezbedi stabilan status u obe krajnje pozicije, ali takođe mora da omogućiti i njihovu promenu.

Kao kod prethodnog eksperimenta, upotrebimo jedan astabilni multivibrator kao strujno kolo koje se desli sa dva. U tom slučaju, okidač je pritisak okidača i on startuje struju da teče od pozitivnog pola baterije do baze tranzistora koji je trenutno zatvoren. Status strujnog kola se menja.

Kada je dugme prekidača na kontaktu, strujno kolo predstavlja jedan astabilni multivibrator. To je, u stvari, slučaj. Ako održite pritisak na dugmetu prekidača, sijalica će početi da pulsira. Kada ga otpustite, pulsiranje će prestati. Pritisak na dugmetu prekidača za vreme koje je kraće od vremena tokom koga je tranzistor u astabilnom multivibratoru otvoren, će minimalno izmeniti status multivibratora.

105. ELEKTRONSKA ZAŠTITA SA ZVUČNIM SIGNALOM

Sećate li se elektronske zaštite opisane u ovoj knjizi? U tom slučaju, LED anoda se palila kada je alarm startovan. U ovom slučaju, čuće se zvuk.

Slika 104

Strujno kolo je u stvari jedan astabilni multivibrator, koji radi na audio frekvenciji. U ovo strujno kolo mora biti ubačen žičani spoj, koji će uzrokovati kratak spoj između baze i odašiljača jednog od tranzistora. Ako se konekcija prekine, multivibrator će početi da radi i čuće se zvuk sa spikera.

Kratak spoj je namerno napravljen na levom tranzistoru. Usled ovog kratkog spoja, drugi tranzistor će biti otvoren. Između kolektora i pozitivnog pola baterije stoji otpornik od $1k\Omega$. Na levoj strani je otpornik od 270Ω i zvučnik otpora od samo nekoliko oma. Usled toga, više struje će teći kroz levi nego kroz desni tranzistor ako prethodni bude stalno otvoren. To će veoma brzo isprazniti bateriju.

Slika 105

Kako ne znamo kada će se alarm isključiti, razumno bi bilo štedeti snagu baterije. Već ste naučili da sklopite alarm koji će vas upozoravati da su vrata otvorena. Takvi alarmi se mogu videti u radnjama. Kada neko otvori vrata, čuje se zvuk, koji prestaje kada se vrata zatvore.

Uklopite rid prekidač na dovratnik veoma blizu vrata i magnet na sama vrata. Kada su kontakti rid prekidača kontaktovani usled blizine magneta, alarm će se isključiti. Kada neko otvori vrata, spojevi rid prekidača će prekinuti vezu, strujno kolo će početi da funkcioniše i čuće se zvuk sa spikera.

106. ELEKTRONSKA ZAŠTITA SA SVETLOSNIH SIGNALOM

U ovom slučaju, alarm će signalizirati pulsirajućim svetlom. Strujno kolo je u principu slično prethodnom. Kako pulsiranje mora imati nisku frekvenciju, ovaj multivibrator je napravljen da funkcioniše na niskim frekvencijama. Zbog toga se u ovom strujnom kolu koriste elektrolitički kondenzatori. Okidač je isti kao u prethodnom slučaju.

Slika 106

107. SVETLOSNI ALARM ZA SIGNALIZIRANJE NIVOVA VLAGE

Kod ovog alarma, senzor vlage je serijski povezan za desni centralni otpornik.

Slika 107

Slika 108

Kada je senzor suv, njegov je otpor veliki i električna struja neće teći kroz njega.

Kada senzor postane vlažan, njegov otpor će opadati i kroz njega će teći količina struje koja je dovoljna da stavi multivibrator u funkciju. LED anoda u strujnom kolu kolektora levog tranzistora će početi da pulsira. Alarm neće funkcionisati u slučaju tečnosti koje ne provode električnu struju.

108. ZVUČNI ALARM ZA SIGNALIZIRANJE VLAGE

U prethodnom kolu, diodu i otpornik od $1k\Omega$ zamenite zvučnikom, a kondenzator kapaciteta $100\mu F$ zamenite kondenzatorima kapaciteta $47nF$ i $100nF$. Tako ćete dobiti strujno kolo koje će slati zvučno upozorenje kada se senzor vlage osuši.

109. ZAŠTITA CVEĆA

Ljubitelji cveća znaju koliko je važno zalivati cveće u pravom trenutku. Isuviše vode nije dobro za cveće, jer isuviše vlage oštećuje korenje. Strujno kolo prikazano na dijagramu će pulsirajućom diodom signalizirati da je zemlja u saksiji suva i da cveće treba zaliti.

Strujno kolo je ustvari astabilni multivibrator koji ne može da funkcioniše zbog dodatnog otpornika. Otpornik je zemlja između dve žice koje su u nju zabodene. Kada je zemlja suva, otpor između dve žice će biti veliki i to neće uticati na funkcionisanje multivibratora. Kada se cveće zalije i zemlja je vlažna, otpor između žica će biti tako mali da multivibrator neće funkcionisati. Kako se zemlja bude sušila, otpor između žica će rasti. Multivibrator će početi da funkcioniše. Najpre, brzina pulsiranja LED anode će biti mala, ali kako se zemlja bude sušila, pulsiranje će se ubrzati do maksimuma.

Slika 109

110. AKUSTIČNE IGRAČKE

Mala deca uživaju da se igraju sa igračkama koje proizvode zvuke, kao što su zvečke, pištaljke, bubnjevi, itd. Igračke koje ovde opisujemo bi ih verovatno takode usrećile.

Slika 110

Ovo je astabilni multivibrator koji funkcioniše na frekvenciji koju je moguće čuti. Senzor vlage je paralelno konektovan za jedan od otpornika što određuje funkcionisanje astabilnog multivibratora. Kada se senzor dodirne rukom ili prstom, otpor će se promeniti. Posle dodira, otpor će opasti. Paralelna konekcija otpornika od $100k\Omega$ i senzora vlage će tada imati manji otpor.

Frekvencija multivibratora će se povećati.

Dodirivanjem i držanjem senzora, izazvaćete da igračka ispušta zanimljive zvuke.

111. SIRENA ALARMA SA DVA TONA

Verovatno ste čuli sirenu alarma sa dva tona. U našem primeru, to je jedan astabilni multivibrator sa varijabilnom frekvencijom. U ove svrhe, možemo jednom otporniku, koji određuje funkcionisanje multivibratora dodati drugi otpornik koji se konektuje pritiskom na dugme. Time će se povećati otpor i frekvencija multivibratora kada je dugme pritisnuto.

Otpornik koji će biti povezan za strujno kolo pritiskom na prekidač, sastoji se od otpornika od $22k\Omega$ i potenciometra. Kada je dugme pritisnuto, viši ton se može podesiti okretanjem potenciometra, tako da vam odgovara odnos višeg i nižeg tona.

Slika 111

Otpornik od Ω je tu u slučaju da otpor potenciometra promenite i on bude nula, u kom slučaju će veoma jaka struja krenuti ka bazi levog tranzistora, i tako ga trajno oštetiti. Kod ovog strujnog kola, promena tona se postiže pritiskom na dugme prekidača. Umesto da to sami uradite, ovaj „pritisak na dugme“ može obaviti jedan astabilni multivibrator koji funkcioniše na frekvenciji koja je jednaka frekvenciji promene tona.

112. ALARM SIRENE

Vatrogasna kola često imaju sirene sa zavijajućim zvukom. Te sirene pokreće elektromotor. Dijagram prikazuje elektronsku varijaciju sirene koja proizvodi sličan zavijajući zvuk.

Slika 112

Ovo strujno kolo je u stvari jedan astabilni multivibrator koji funkcioniše na frekvencijama koje je moguće čuti. Struja se, azdelnika napona, koji se sastoji od otpornika od $2,2k\Omega$ i jednog elektrolitičkog kondenzatora, dovodi do baze levog tranzistora preko otpornika od $22k\Omega$. Kada strujno kolo povežete sa baterijom, multivibrator će početi da funkcioniše i uskoro će se sa spikera čuti zvuk. Elektrolitički kondenzator će biti prazan i više neće uticati na strujno kolo. Pritisnite prekidač. Elektrolitički kondenzator će se puniti preko otpornika od $2,2k\Omega$. To će izazvati voltažu na kontaktnim tačkama. Nešto struje će teći do baze preko otpornika od $2,2k\Omega$ i $22k\Omega$. Time će se blago otvoriti tranzistor. Radna brzina astabilnog multivibratora će se promeniti i sada će ton biti viši. Otpustite dugme prekidača. Napunjeni kondenzator će početi da se prazni preko otpornika od $2,2k\Omega$ tako da će struja teći do baze na levom tranzistoru. Najpre, kondenzator će se prazniti brzo, a onda sve sporije. Kako se kondenzator bude praznio, frekvencija multivibratora će opadati. To će se čuti kao zavijajući zvuk.

113. ZVUK KOJI SIGNALIZIRA PAD TEMPERATURE

Zamislite šta se može dogoditi ako temperatura padne, naprimer, na jednoj farmi pilića. Kada bi se to dogodilo, pilići bi uginuli i bi bila prouzrokovana velika šteta. Preporučljivo je da postoji senzor - indikator temperature u kontrolnoj prostoriji. Svetlosni signal bi mogao da ukazuje da je temperatura normalna. Međutim, mžda svetlosna indikacija pada temperature ne bi bila dovoljna, jer možda niko ne bi primetio pulsirajuće svetlo. Stoga bi bilo opravdano instalirati zvučni signal.

Prekidač osetljiv na temperaturu koji smo već opisali ovde može da uključi neko drugo strujno kolo ili aparat. U slučaju koji je ovde opisan, osetljivi prekidač bi uključivao izvor zvuka, što bi bio multivibrator sa zvučnikom.

Kada je temperatura visoka, termistor ima niži otpor. Na ukrštanju prenosnika, koji se sastoji od termistora i potenciometra, napon bi bio dovoljno visok što bi omogućilo da struja teče do baze tranzistora i otvori ga. Tranzistor sada ima manji otpor i povezan je sa multivibratorom tako da blokira njegov rad. To se postiže izazivanjem kratkog spoja sa negativnim polom baterije na odgovarajućem mestu unutar multivibratora. LED anoda će svetleti, indikujući visoku temperaturu.

Kako temperatura počinje da opada, otpor termistora će se povećavati a napon na ukrštanju razdelnika napona će opadati. Tako će manje struje teći do baze prvog tranzistora. Tranzistor će se polako zatvoriti i njegov otpor će rasti. Njegov uticaj na multivibrator će biti manji, i multivibrator će početi da funkcioniše. Na početku, njegova radna frekvencija će biti niska, ali kako temperatura bude dalje padala, radna frekvencija će rasti. Što je temperatura niža, ton je viši. Između kolektora prvog tranzistora i tranzistora od $1k\Omega$ stoji jedna LED anoda. Ona nije neophodna za funkcionisanje strujnog kola, ali može poslužiti kao vizuelni indikator temperature. Kako temperatura pada, LED anoda će manje svetleti.

Rekli smo da se razdelnik napona sastoji od termistora i potenciometra koji je povezan kao jedan podesivi otpornik. Temperatura na kojoj će se alarm isključiti zavisi od pozicije klizača potenciometra.

Slika 113

Da bismo proverili kako strujno kolo funkcioniše, okrenite potenciometar tako da LED anoda svetli, a onda ga okrenite na drugu stranu sve dok svetlo diode ne nestane. Prstima zagrejte termistor. LED anoda će sijati. Dignite u termistor da ga ohladite. LED anoda će prestati da svetli i spiker će proizvesti neki zvuk.

114. KAKO SPREČAVAMO DA DIREKTNJA STRUJA PROLAZI KORZ ZVUČNIK

Kod gore opisanog strujnog kola, pulsirajuća direktna struja prolazi kroz spiker. Šta ćemo uraditi ako želimo da kroz njega prolazi samo naizmenična struja? Da bismo to postigli, koristimo kondenzator.

Dijagram koji sledi pokazuje način na koji možemo da povežemo zvučnik. Napon na kolektoru desnog tranzistora jasno pulsira. Između odašiljača i kolektora, napon varira između 0V kada je tranzistor otvoren i 9V kada je zatvoren.

Slika 114

Upotrebom kondenzatora omogućićemo da samo naizmenična struja teče u spiker jer će kondenzator provoditi samo naizmeničnu, ali ne i direktnu struju.

115. ZVUČNIK IZMEĐU DVA KOLEKTORA

Više puta smo spomenuli da kod multivibratora napon između odašiljača i kolektora varira između 0V i 9V. To se dešava na oba tranzistora. Ali koji je odnos napona kolektora dva tranzistora?

Kada je jedan tranzistor otvoren, drugi je zatvoren. Tako će napon na kolektoru jednog tranzistora prema negativnom polu baterije biti 0V, a na drugom 9V. Hajde da pretpostavimo da je levi tranzistor otvoren, a desni zatvoren. Tada će napon između oba kolektora biti:

$$U = 9V.$$

Kada tranzistori zamene uloge, napon na tranzistorima će se promeniti. Sada će napon između kolektora levog tranzistora i negativnog pola baterije biti 9V i na desnom 0V. Napon između kolektora će ponovo biti 9V, ali u suprotnom smeru. Sada je napon između oba kolektora:

$$U = -9V.$$

Slika 115

Ako posmatramo napon na jednom kolektoru, on se menja za 9V. Ako posmatramo napon na oba kolektora simultano, ona se menja sa +9V na -9V. Promena napona je dvostruka!

U određenim slučajevima, povezivanje opterećenja između kolektora tranzistora ima svoje prednosti. Ovde je značajno da opterećenje nije toliko da sprečava funkcionisanje strujnog kola.

Otpor zvučnika je veoma niza i direktna struja će teći kroz njega. Između kolektora oba tranzistora, otpor će biti mali, što može zasutaviti funkcionisanje strujnog kola. Da bi se to izbeglo, mi smo serijski konektovali kondenzator za spiker.

116. STRUJNO KOLO ZA PROIZVODNJU NEGATIVNE STRUJE

Nekada je neophodno, za neke potrebe, da imamo negativnu struju u strujnom kolu. Najjednostavniji pod da se ona dobije je dodatna baterija uz onu koja napaja strujno kolo, koja se može koristiti kao izvor negativne struje. Ovim korišćenje takvog strujnog kola postaje mnogo skuplje, jer sada imamo dve baterije umesto jedne.

Ako je potrošnja struje iz baterije koja daje negativni napon mala, možemo sklopiti strujno kolo koje će dati negativnu struju na njenom izlazu. To čini da je celo strujno kolo mnogo skuplje, ali će se to isplatiti u smislu štednje baterije za negativnu struju.

Slika 116

Da bi proizveli negativan napon, neophodna nam je alternativna struja. U našem strujnom kolu, koristimo jedan astabilni multivibrator za proizvodnju naizmenične struje.

Naizmjenična struja teče kroz provodnik najpre u jednom pa u drugom pravcu. Napon između kolektora, na primer, desnog tranzistora u multivibratoru, i negativnog pola baterije se menja: kada je tranzistor otvoren, skoro da je nula, a kada je zatvoren, skoro da dostiže napon baterije. Ova struja nije naizmjenična, ali pulsira.

Već smo videli da naizmjenična struja može teći kroz kondenzator, dok direktna ne može. Stoga možemo eliminisati pulsiranje direktne struje korišćenjem kondenzatora. Taj princip je korišćen u našem strujnom kolu. Kondenzator je konektovan za kolektor desnog tranzistora, kroz koji naizmjenična struja teče do multivibratora. Ova struja teče kroz dve LED anode koje su okrenute u suprotnom pravcu. Kada je strujno kolo konektovano za bateriju, obe diode će svetleti. Ovo dokazuje da naizmjenična struja prolazi kroz

Slika 117

kondenzator. Kada struja teče od kondenzatora do negativnog pola baterije, teče kroz zelenu LED anodu. Kada ona teče u suprotnom pravcu, teče kroz crvenu diodu i otpornik od 100kΩ. Ova dioda i otpornik su deo strujnog kola kome je neophodan negativan napon.

Umesto zelene LED anode, u ovom strujnom kolu možemo upotrebiti običnu (1N4004).

Ponovo moramo istaći da strujno kolo koje zahteva negativnu struju ne bi trebalo da troši isuviše struje.

Ako niste sigurni da da multivibrator funkcioniše, možete konektovati spiker između bilo koga otpornika od 1kΩ i pozitivnog pola baterije.

117. IMPROVED CIRCUIT FOR PRODUCING NEGATIVE

CURRENT – POPRAVLJENO STRUJNO KOLO ZA PROIZVODNJU NEGATIVNE STRUJE

Usmerena struja dobijena sa jedne diode ne može biti veća od maksimalnog nivoa naizmjenične struje.

Umesto crvene LED anode, možete ubaciti strujno kolo kome je za funkcionisanje potrebna negativna struja.

Ako je negativna struja dobijena iz gore opisanih strujnih kola koja su isuviše mala, možemo upotrebiti strujno kolo koje duplira usmerenu negativnu struju za dobijanje negativne direktne struje. To strujno kolo se pravi korišćenjem dve diode i dva kondenzatora. U strujnom kolu, koristi se zelena LED dioda umesto obične diode.

118. JOŠ JEDAN GENERATOR ZVUKA

Sa dva tranzistora možemo sklopiti generator zvuka koji nije multivibrator i radi na različitom principu. Da bi funkcionisalo, strujnom kolu je neophodna povratna sprega struje. Povratna sprega struje je spoj u strujnom kolu kroz koju neki od signala iz izlaza puni ulaz. U ovom slučaju, strujno kolo se ponaša drugačije nego što bi se ponašalo kada povratna sprega struje ne bi postojala.

U našem primeru, imamo dva tranzistora koji čine nisu frekvencijju pojačala.

Slika 118

Preko kondenzatora od 100nF i otpornika od 100kΩ, deo signala je usmeren sa izlaza pojačavača (kolektor levog tranzistora) na ulaz (baza desnog tranzistora).

Pretpostavimo da dok napon na ulazu strujnog kola raste, na izlazu se smanjuje. Ukoliko dodamo strujno kolo koje dovodi do promena na izlazu nazad do ulaza, možemo reći da je „ovo poremećeno strujno kolo“ i ne bismo mogli da odlučimo koja bi napon na ulazu i u skladu sa time na izlazu, trebala da bude. To prouzrokuje fluktuaciju napona. Kažemo da kontura obrnute veze prouzrokuje oscilacije strujnog kola.

119. MUZIČKI INSTRUMENT

Ako izmenite vrednost otpora otpornika od 22kΩ, frekvencija oscilatora će se promeniti i čućemo jedan drugačiji zvuk sa zvučnika. Ovo će se najbolje demonstrirati ubacivanjem jednog potencijometra od 47kΩ, koji je povezan kao podesivi otpornik umesto

Slika 119

otpornika snage 22kΩ.

Već ste napravili podesivi otpornik crtanjem mekanom olovkim grafitne linije na papiru. Takav otpornik se može koristiti kod ovog oscilatora za promenu njegove radne frekvencije.

Stavite spajalicu na mjednu stranu grafitnog sloja na strujno kolu. Povežite drugo parće žice na odgovarajuće mesto u strujnom kolu i za to zakačite žabicu. Spajalicom klizite po otpornom sloju.

Kada taj sloj kasnije dodirnete, oscilator će početi da funkcioniše. Ako klizite njime, ton će se promeniti. Upravo ste sklopili jedan jednostavan muzički instrument.

120. OSCILATOR NAPRAVLJEN OD SERIJE OTPORNIKA I KONDENZATORA

Da bi smo od pojačivača napravili oscilator, potrebna nam je kontura obrnute veze koja će signal dovesti sa izlaza pojačala do njegovog ulaza. Svojstva konture obrnute veze određuju da li će strujno kolo funkcionisati kao oscilator, i ako hoće, na kojoj frekvenciji će funkcionisati. Dijagram koji sledi pokazuje drugi primer oscilatora koji je napravljen uz pomoć konture obrnute veze. Okrenite potencijometar sve dok ne čujete zvuk sa spikera. Strujno kolo za povratnu spregu je sklopljeno od serije tri kondenzatora i tri otpornika.

Kako je signal isuviše slab da bi se čuo, na strujno kolo oscilatora se dodaje niskofrekventno pojačalo koje se sastoji od jednog tranzistora.

Čućete mnogo prijatniji ton sa zvučnika u odnosu na ton sa oscilatora sa astabilnim multivibratorom. Razlog za to je što ovde opisani oscilator daje jasniji ton.

Slika 120

ZAKLJUČAK

Svaka knjiga ima svoj kraj. Ako ste stigli do kraja ove knjige, nemojte dozvoliti da to bude konačno u vašim pokušajima da proširite horizonte svog znanja elektronike i elektrotehnike. Neka ova knjiga bude uvod i vodič kroz svet elektronike, svet novih događaja, iznenađenja i nedosežnih mogućnosti.

Srećno!

KO JE ...?

U ovom poglavlju daćemo spisak nekih od naučnika koji su doprineli razvoju elektronike i elektrotehnike. Veliki broj njih je već spomenut u knjizi.

Amper, Andre Marija, Francuski fizičar (1775-1836) proučavao Erstedovo otkriće i postavio osnove elektrodinamike (nauka koja obrađuje kretanje električne struje). Svoj rad je posvetio otkrivanju tačne veze između električne struje i magnetizma. Jedinica za merenje električne struje (A) je dobila ime po njemu.

Bardin, Džon je bio američki fizičar (1909-1991) koji je, zajedno sa Balter II. Bratainom i Vilijam Šokljem dobio Nobelovu Nagradu za fiziku 1956. godine za otkriće tranzistora 1948. kao rezultat napora ova tri istraživača u Belovoj Razvojnoj Laboratoriji. Takođe je proučavao svojstva supstanci na ekstremno niskim temperaturama (supreprovodnici) za šta je dobio drugu Nobelovu Nagradu, 197. godine zajedno sa Len N. Kuperom i Džonom Šrajferom.

Bratain, Valter Hauser, američki fizičar (1902 - 1987), videti Bardin.

Edison, Tomas Alva, američki fizičar (1847-1931), jedan od najplodnijih istraživača 19. veka. U mnoštvu njegovih pronalazaka je i sijalica sa ugljenim vlaknom, fonograf (preteča gramofona) i kino projektor.

Ersted, Hans Kristian, danski filozof (1777-1851). Tokom eksperimenata koje je izveo dok je držao predavanja 1820. godine, otkrio je elektromagnetnu indukciju. Takođe je proučavao ponašanje tečnosti i gasa pod pritiskom. Bio je jako cenjen zbog svojih predavanja i eksperimenata.

Faradej, Majkl, engleski hemičar i fizičar (1792-1867), poznato kao pionir u istraživanju i eksperimentima iz oblasti elektriciteta i magnetizma. Mnogo smatraju da je on jedan od najvećih eksperimentatora ikada. Razvio je koncept linija sile – imaginarnih linija po kojima teku magnetne sile. Ovakva definicija ponašanja sile u ovoj oblasti se često i danas koristi. Jedinica kapaciteta kondenzatora (F) je ime dobila po njemu.

Henri, Džozef, američki fizičar i naučnik (1797-1878), poznat po otkriću elektromagnetske indukcije i autoindukcije. Njegovi eksperimenti na polju hemije, elektriciteta i magnetizma ukazuju na raznolikost polja koje je on proučavao. Jedinica za indukciju (H) je naziv dobila po njemu.

Herc, Hajnrih Rudolf, nemački fizičar, matematičar i inženjer (1857-1894), bio je prvi koji je rasvetlio postojanje radio talasa. Dokazao je da se radio talasi prenose brzinom svetlosti. U čast njegovog rada i rezultata, jedinica za frekvenciju (Hz) je naziv dobila po njemu.

Kelvin, Vilijam Tomson, škotski fizičar (1824-1907), predložio merenje temperature od apsolutne nule (-273.15°C). Bio je jedan od naučnika koji su postavili osnove termodinamike. Pomogao je sa projektom za prenos telegrafskih poruka iz Evrope u Američko preko podmorskog kabla. Poboljšao je svojstva čitavog niza mernih instrumenata. Jedinica za merenje apsolutne temperature (K) je ime dobila po njemu.

Kiršof, Gustav Robert, nemački fizičar (1824-1887), otkrio osnovni zakon elektromagnetne emisije, prema kome radijacija crnog tela zavisi od temperature tela i frekvencije. Jedan je od osnivača spektroskopije.

Koloumb, Šarl Augustin de, francuski fizičar (1736-1806), proučavao sile između dva tela koja se punje. Jedinica za električno punjenje (C) je ime dobila po njemu.

Leklanše, Žorž, francuski pronalazač (1839-1882), po kome su ime dobile suve baterijske ćelije. Danas, još uvek koristimo suve baterije za prenosive kućne aparate.

Morze, Samuel Finli Briz, američki glumac i pronalazač (1791-1872). Među poznavaca, čuven je po svojim minijaturama. Kao tehničar, poznat je najpre po razvoju telegrafa. Napravio je aparat za prijem poruka koje se prenose putem žice, koji je koristio elektromagnet za pritiskom penkala na traku i tako dobijemo poruku u obliku tački i linija. Takođe je izmislio azbuku koja se sastojala iz tačaka i linija.

Om, Žorž Simon, nemački fizičar (1789-1854). 1826. godine odredio je odnos voltaže, struje i otpora u zatvorenom strujnom kolu. Omov zakon, kao i jedinica za merenje otpora (Ω), su ime dobili po njemu.

Šokli, Vilijam, američki fizičar (1910-1989). Vidite pod Bardin, Džon.

Svan, Ser Džozef Vilson, britanski hemičar i pronalazač (1828-1914), bogato doprineo razvoju fotografije. U druge njegove pronalaskes spada sijalica sa grafitnim vlaknom (1860) i dijalka sa metalnim vlaknom (1878).

Volta, Alesandro Đuzepe Antonio Anastazio, Italijanski fizičar (1745-1827), pronalazač prve električne baterije. Takođe je bio prvi koji je izolovao gas metan. Jedinica za voltžu (V) je ime dobila po njemu.

GLOSAR

Ovaj glosar sadrži neke izraze koji vam možda nisu poznati. Neki od njih su dosta korišćeni u knjizi, neki manje, dok neki nisu korišćeni uopšte, ali se odnose na neke pojmove iz oblasti elektronike i elektrotehnike.

apsolutna nula – najniža moguća temperatura (-273.15°C).

akumulator – baterija, ili izvor električne struje, koji se može ponovo napuniti kada je ispražnjen. Akumulator se obično puni električnom strujom koja se dobija iz konvertora.

naizmjenična struja – struja koja teče alternativno najpre u jednom pravcu pa onda u drugom.

ampermetar - instrument za merenje električne struje

anoda – konekciona dioda koja je konektovana za pozitivni potencijal. Elektrina struja će teći kroz diodu samo ako je anoda konektovana za pozitivan pol.

astabilan – nešto je astabilno ako su njegovi statusi aktivni ali se stalno smenjuju.

AVO metar - instrument za merenje električne struje, voltaže ili otpora. Ime je dobio skraćivanjem simbola ovih vrednosti A, V i Ω.

balansirano strujno kolo – strujno kolo kod kojega je struja usmerena i podeljena na način koji liči na klackalicu (jedna strana gore, druga dole, ili uravnoteženo).

baza – konekcija tranzistora kroz koju je usmerena struja preko kone se kontroliše tranzistor.

baterija – izvor električne struje kod kojega se hemijska energija (energija koja je pohranjena u hemijskim jedinjenjima) konvertuje u električnu energiju. Kada se isprazni, baterija je beskorisna, osim ako je moguće ponovno punjenje

bstabilno – je nešto što može postojati u jednom ili dva stabilna stanja.

bit – najmanja jedinica kompjuterskog podatka. Ima dva statusa, koji su logički nazvani 1 i 0.

CD – disk na koji se podatci (including music) mogu čuvati u digitalnoj formi.

CD ROM – je uvek jedan CD na kome se snimaju kompjuterski podatci. Jedan takav disk može sačuvati podatke ekvivalentne 300,000 kucanih strana. Takođe se na njemu mogu čuvati slike, animacije, video klipovi i zvuk.

čip – miniaturna silikonska ploa na kojoj se može napraviti integrisano elektronsko strujno kolo.

Darlingtonovo strujno kolo – strujno kolo kod koga struja od odašiljača tranzistora teče direktno do baze drugog.

digitalni podatci – podatci zabeleženi sekvencama bitova.

Diagram strujnog kola – dijagram koji pokazuje kako su pojedinačni elementi strujnog kola konektovani.

Dinamo – generator direktne električne struje.

dioda – poluprovodljivi element strujnog kola kroz koji se struja provodi u jednom pravcu.

direktna struja – struja koja teče samo u jednom smeru

dugme osetljivo na dodir – senzor koji reaguje na dodir.

električni motor – aparat kojim se električna struja konvertuje u mehaničku silu.

električno punjenje – količita elektriciteta. Ako je nešto napunjeno, to znači da sadrži neizbalansiran elektricitet.

električno strujno kolo – put kojim teče elektricitet. Električna struja može teći samo ako je strujno kolo zatvoreno, npr. pozitivan pol baterije, žica kao provodnik, svijalica, druga žica kao provodnik i negativni pol baterije.

električna struja – usmereno i kontrolisano kretanje električnog punjenja.

električno polje – polje oko električnog punjenja unutar koga su aktivne električne sile.

electrolit – tečnost koja provodi električnu struju.

electrolitički kondenzator – element koji sadrži tečnost (electrolit). Takvi kondenzatori obično imaju veći kapacitet (nekoliko mikrofaraada). Za electrolitičke kondenzatore je važna orijentacija. Ako se konektuju u pogrešnom pravcu, biće momentalno uništeni.

electromagnet – u osnovi kalem kroz koji teče električna struja. Zbog svog svojstva magneta kada se poveže na elektrinu struju, naziva se elektromagnet.

elektron – subatomski deo sa negativnim punjenjem.

elektronski kompjuter – aparat sa elektronskim strujnim kolom sposoban da izvede veliki broj operacija vrlo brzo.

element – supstanca koja se sastoji samo od jednog tipa atoma.

element strujnog kola – komponenta strujnog kola.

odašiljač – kontakt na tranzistoru gde struje sa pozitivnog pola baterije kroz bazu i kolektora ukrštaju.

energija - sposobnost nečega da radi. Energija može promeniti svoj oblik: iz mehaničke u električnu (u generatoru), električna u termalnu (u peći), električna u svetlosnu (u sijalici), itd.

frekvencija - broj promena u sekundi.

generator – aparat koji transformiše mehaničku energiju u električnu. Generatori se koriste kod centrala gde se, na primer, mehanička energija vode transformiše u elektricitet.

grafit – mekani oblik ugljenika. U elektrotehnici, koristi se za otpornike i na klizećim kontaktima. Takođe je srž olovke i u mazivima za mašine.

indukcija - uticaj magneta na provodnik ili kalem u pokretu. Električna struja se indukuje da teče kroz takav provodnik ili kalemovce kada se oni kreću u blizini magneta.

induktivni otpor – osobina kalema koja se meri u henrijima (H)

izolatori – supstance koje ne provode elektricitet.

integrisano strujno kolo – strujno kolo sa velikim brojem elemenata (npr. tranzistori, otpornici, diode) koji su koncentrisani silikonskom čipu. Kompleksna integrisana strujna kola mogu se sastojati od nekoliko miliona tranzistora.

kapacitet – svojstvo kondenzatora. Izražava se u faradejima (F)

kondenzator - element strujnog kola u kome se čuva električna struja tako da valtaža na kontaktima ostaje nepromenjena. Kondenzator se odupire promenama voltaže na kontaktima.

katoda – kontakt diode koji je konektovan za negativan pol. Struja će teći kroz diodu samo kada je katoda konektovana za negativan pol.

kalem – electrolitički provodnik umotan u spiralu da bi pravio induktivan otpor ili magnetno polje.

kulon – jedinica za merenje količine električnog punjenja .

kompakt disk –videti CD

kompjuter – aparat sposoban da procesira podatke ili da izvodi različite operacije sa podacima (npr. raunanje).

konvertor – aparat koji konvertuje naizmeničnu u direktnu struju.

laser - (skraćenica za Light Amplification by Simulated Emission of

Radiation=Povećanje svetlosti simulacijom emisije radijacije) je aparat koji emituje jedva dovoljan jak snop svetlosti u samo jednoj boji.

LED - (Light Emitting Diode=Dioda koja emituje svetlost) svetlosna dioda

magnet – materija koja privlači predmete od gvožđa, kromita i nikla.

magnetno polje – oblast koja okružuje magnet.

mikrofon - aparat u kome se energija proizvedena zvukom transformiše u elektricitet.

mikroprocesor – vrlo kompleksno integrisano strujno kolo sa velikim brojem logičkih strujnih kola. Odabirom statusa (komandi) na određenim konekcijama, moguće je „komandovati“ strujnim kolum da uradi nešto sa statusom (podacima) koji su locirani na nekim drugim konekcijama. Mikroprocesori su u stvari „mozak“ kompjutera.

molekule – najmanja količina substance koja i dalje ima osobine te substance.

monostabilan – nešto (npr.strujno kolo) koje ima samo jedno stabilno stanje. Ako to stanje promenimo nekom radnjom spolja, vrtićemo ga u njegovo originalno, stabilno stanje.

nisko – frekventni signal – signal koji je moguće čuti, a to je između 16 Hz i 20,000 Hz.

NPN tranzistor - tranzistor koji funkcioniše normalno kada je njegov kolektor konektovan za pozitivan pol a odašiljač za negativan pol.

NTC - (negativan temperaturni koeficijent) je termistor kod koga otpor opada kako temperatura raste.

ohmmeter – instrument za merenje otpora.

oscilator – strujno kolo koje proizvodi naizmeničnu struju.

otpor - osobina otpornika. Izražava se u omima (Ω)

otpornik - element strujnog kola koje sprečava tok električne struje. U njemu, električna struja se pretvara u toplotu.

PNP tranzistor - tranzistor koji funkcioniše normalno kada je njegov odašiljač konektovan za pozitivan pol a kolektor za negativan pol.

pojačalo - strujno kolo koje pojaava električne signale.

pol – strana magneta na kojoj je uticaj magnetnih sila najjači.

poluprovodnik – substance koja ima osobine i provodnika i izolatora. Ako se obrate i koriste na pravi način, postaju provodnici.

potencijometer – otpornik sa podesivim otporom. Konektovan je za strujno kolo tako da su oba kontakta otpornika i klizača konektovana.

prekidač – element strujnog kola sa kojim možemo diskonektovati strujno kolo.

razdelnik napona - strujno kolo koje se sastoji od dva otpornika. Razdelnik napona je u stvari izlaz strujnog kola je na mestu gde su konektovani.

provodnici - substance koje provode električnu struju

protoni – delovi manji od atoma sa pozitivnim električnim punjenjem.

pulsirajuća struja - struja koja teče samo u jednom smeru po voltaži koja fluktuiira.

RAM - (random access memory=memorija sa direktnim pristupom) radna memorija kompjutera. Kod ove memorije, podatci se mogu unositi pisanjem i čitati.

rid prekidač – cev sa dve metalne cevčice koje imaju oblik trske. Kada su magnetisani (magnetom ili elektromagnetom), dodiruju se i puštaju struju da teče.

releji – aparat sa elektromagnetom koji privlači komad metala i tako pravi spregu pokretnih i fiksiranih kontakata. Sa relejima, koristimo električnu struju za uključivanje drugih kontakata.

svetlosna dioda - a diode which emits light when current flows through it.

telo koje se puni - telo u koje ulazi električno punjenje i iz koga izlazi.

povratna sprega – deo strujnog kola koje usmerava deo podataka sa izlaza na ulaz istog strujnog kola.

robot – mašina koju kontroliše kompjuter.

ROM - (read only memory=fiksna memorija) memorijski čip sa koga se podatci mogu samo čitati.

senzor – element u strujnom kolu koji menja spoljašni impuls u električni impuls (npr. senzor vlage)

stabilan – status koji se neće sam po sebi promeniti.

termistor – otpornik kod koga se otpor menja sa promenom temperature.

tranzistor – poluprovodljivi element koji menja otpor kao odgovor na električne impulse (struja usmerena ka njegovim kontrolnim kontaktima)

univerzalni instrument – videti AVO metar.

visoko frekventni signali - signali frekvencije viši od onih koje možemo da čujemo. Iznad 20 kHz.

voltmetar - instrument za merenje voltaže (električni potencijal)

zvučnik - aparat koji elektricitet pretvara u zvuk.

IGRAJTE SE ELETRONIKE – ELEKTRONIKA KROZ IGRU

120 elektronskih eksperimentov

Proizvodjač i vlasnik prava:

Mehano d.o.o.
Polje 9
SI - 6310 Izola, Slovenia
PO Box 83

SRBSKO: E210 Z20AB/66766

PRAVA I OBAVEZE :

Kupovinom ove knjige, u obavezi ste da se saglasite sa svim pravilima koja se odnose na autorska prava i pokrivaju ovu vrstu knjige, kao i da ne ugrožavate autorska prava. Sadržaj ove knjige je zaštićen autorskim pravom. Ni jedan deo knjige ne sme biti reprodukovana, prepisivan, fotokopiran ili prebačen na bilo koji medij za prikupljanje podataka bez prethodne eksplicitne saglasnosti od strane izdavača.

Sva strujna kola kao i eksperimenti opisani u ovoj knjizi su pažljivo ispitani i testirani. Ipak, izdavač ne prihvata odgovornost za bilo kakvu fizičku i/ili materijalnu štetu, kao ni za povrede nastale tokom sklapanja i korišćenja strujnih kola opisanih u ovoj knjizi.

Svi delovi u ovom kompletu su pažljivo odabrani i bez nama znanih oštećenja. Stvaralac ovog kompleta nije u mogućnosti da izda garanciju za svaki pojedinačni deo, jer se delovi mogu lako mehanički ili elektronski oštetiti.

PORUKA MLADIM ČITAOCIMA

Dragi mladi čitaoci,

Oduševljeni smo što ste ušli u fascinantan svet elektronike uz pomoć naše knjige i nadamo se da ćete uživati u eksperimentima.

Ipak, ovaj komplet nije namenjen isključivo za zabavu. Izvođenjem eksperimenata i čitanjem odgovarajućih objašnjenja, takođe ćete naučiti osnove elektronike, koje će vam biti od koristi mnogo puta u realnim životnim situacijama.

Nemojte se bojati eksperimenata. Rezultati jednog eksperimenta vrede mnogo više od mišljenja i stavova hiljade eksperata, tako da ste pozvani da testirate sve vaše nove ideje. Ukoliko strujno kolo ne funkcioniše kako bi trebalo, nemojte se obeshrabriti. Kada pronađete i rešite problem shvatićete da ste naučili nešto novo i korisno što ćete moći da koristite prilikom izvođenja ostalih eksperimenata.

Sva strujna kola predložena u ovoj knjizi su napravljena tako da se ne možete povrediti ili prouzrokovati bilo kakva oštećenja na predmetima koji vas okružuju. Osim sporadičnih ogrebotina na prstima, najgore što vam se može desiti je da oštetite neki od elemenata. Ukoliko se neki deo ošteti ili usled oštećenja ne funkcioniše ispravno, lako ga možete zameniti sa drugim koji se može kupiti u skoro svakoj prodavnici elektronike.

U ovoj knjizi je opisan manji broj različitih strujnih kola. Neka su toliko jednostavna da objašnjenja nisu potrebna. Druga su komplikovana i možda nećete moći da ih u potpunosti razumete u prvom trenutku. Posle nekoliko ponavljanja i proučavanja, moći ćete da napravite u stavite u funkciju čak i najkomplicovanija strujna kola sa lakoćom.

U svakom slučaju, ukoliko vam je neki eksperiment prilično težak i frustrira vas njegovo izvođenje, nemojte se plašiti da ga preskočite i kasnije se vratite na njega.

Raznolikost strujnih kola, od kojih ste neke proučavali u školi, svakome pružaju mogućnost da uči više o određenoj temi. Dodatno, detaljan opis strujnih kola i njihovog funkcionisanja koji je dat u ovoj knjizi vam može biti od velike koristi za nastavne aktivnosti.

PAŽNJA!

RADI VAŠE SIGURNOSTI, SVA STRUJNA KOLA SU NAPRAVLJENA DA RADE NA BATERIJE. ZA EKSPERIMENTE KORISTITE BATERIJU OD 9V IEC 6LR61.

NE KORISTITI BATERIJE KOJE SE MOGU OBNAVLJATI (npr. niki, cadmium). BATERIJE MORAJU BITI POVEZANE NA ODGOVARAJUĆIM POLOVIMA.

NE POKUŠAVAJTE DA SASTAVITE STRUJNO KOLO POMOĆU STRUJE IZ UTIKAČA ! TO MOŽE BITI OPASNO PO ŽIVOT I PO OKRUŽENJE! KONTAKT SA UTIKAČIMA MOŽE BITI SMRTONOSAN I I MOGU PROUZROKOVATI POŽAR. KOMPLET I NJEGOVI DELOVI NISU NAMENJENI DA RADE NA NAPONU STRUJNIH UTIČNICA.

PREPORUČUJEMO DA SE OVAJ KOMPLET KORISTI ISKLJUČIVO POD NADZOROM ODRASLIH. PREPORUČUJEMO DA SE IZVEDU SAMO ESPERIMETERIMENTI OPISANI U OVOM PRIRUČNIKU. UKOLIKO DUŽE VREMENA NEĆETE KORISTITI STRUJNO KOLO PREPORUČUJEMO DA UKLONITE BATERIJE. KORISTITE

ISKLUČIVO BATERIJE PREPORUČENE ZA KONKRETNO STRUJNO KOLA. PREPORUČUJU SE ALKALNE BATERIJE. BATERIJA NE BI SMELA BITI U KONTATU SA METALNIM DELOVIMA JER TO MOŽE PROUZROKOVATI EKSPLOZIJU. NIKADA NE POKUŠAVAJTE DA PUNITI BATERIJU. BATERIJU MOŽE DA ZAMENI SAMO ODRASLA OSOBA. BATERIJU NE BACAJTE U VATRU. MOLIMO DA PRAZNE BATERIJE ODLAŽETE U ODGOVARAJUĆE KONTEJNERE. NE PRAVITE KRATAK SPOJ NA IZVORIMA STRUJE.

PAŽNJA : IGRAČKA TAKODE SADRŽI OŠTRE DELOVE I IVICE. NEKI DELOVI U OVOM KOMPLETU SU MALI I IMAJU OŠTRE IVICE.

OVAJ PROIZVOD STOGA NIJE NAMENJEN DECI UZRASTA ISPOD DEVET GODINA.

ZAPAMITTE OVE INSTRUKCIJE ZA UBUDUĆE.

DRAGI RODITELJI!

Kupovinom ove knjige ulazite u svet elektronike zajedno sa svojim detetom. Ukoliko se snalazite na tom terenu, ponudite svom detetu podršku i inspiraciju. Uoliko vam je sve to novo, ne ustručavajte se da se pridružite vašem naučniku koji obećava. Svet elektronike je pun novih otkrića kako za mlade tako i za one malo starije.

Želeli bismo da iskoristimo još jednu mogućnost da podvučemo činjenicu da je komplet apsolutno siguran. Smišljeno je napravljen da radi na baterije, jer je korišćenje struje uvek potencijalna opasnost, naročito za neiskusne korisnike. NIKADA NEMOJTE SVOM DETETU DOZVOLITI DA KORISTI OVAJ KOMPLET UZ KORIŠĆENJE STRUJE IZ UTIČNICE!

Korišćenje konvertora nije spominjano. Ukoliko imate iskustva iz oblasti elektronike ili elektriciteta, konvertor se može koristiti kao izvor struje, ali samo uz vaš nadzor. Korišćenje konvertora bez nadzora može dovesti do oštećenja delova.

UVOD

Primena elektronskih otkrića je dovela do fantastičnih promena za čovečanstvo. Prošlo je manje od pedeset godina od pojave tranzistora, i skoro dekada od pronalaska integrisanog strujnog kola. Elektronika se koristi u skoro svakom segmentu našeg života. Pitajte svoje bake i deke da li su imali televizore i radio aparate u vašem uzrastu; da ne spominjemo video reordere, kompjutere, vokmene, kamere i druge elektronske aparate bez kojih mi danas ne možemo da zamislimo život. Vaše bake i deke će sigurno priznati da je elektronika dovela do korenitih promena u njihovim životima. Možda će se neki sa žaljenjem sećati "dobrih starih vremena", ali nemojte da vas to zabrine. Oni su takođe žalili. I vi ćete verovatno žaliti kada budete razgovarali sa svojim unucima.

Elektronika svaako utiče na naše živote i moramo joj pružiti dovoljno pažnje. Činjenica da čitate ovu knjigu dokazuje da i vi verujete u to. Kako uopšte funkcionišu video rekorderi, kompjuteri, digitalni satovi i CD plejeri? Odgovor nije jednostavan.

Verovatno kod kuće imate Lego kocke. Kada vam mlađji brat ili sestra traže da da sagradite zamak, svemirski brod ili kuću, vi ćete znati kako to da uradite. Upotrebili ste mnoštvo malih, jednostavnih kocki. Svaka kocka je celina za sebe, ali kada ih sklopite u celinu, izgradili ste nešto što ne liči ni na jednu pojedinačnu kocku. Dok ste stvarali svoje remek delo, verovatno niste razmišljali o tome kako i od čega su napravljene Lego kocke.

Slično je i sa elektronikom, kompleksno strujno kolo je sastavljeno od jednostavnih delova. Čak i veliki stručnjaci ne mogu tačno reći kako jedno komplikovano i kompleksno električno strujno kolo funkcioniše. Sigurno znate kako se koristi televizor i kako se igraju kompjuterske igre. Ne razmišljate o tome da nećete znati kako rade. Isto kao što vam je potrebno mnoštvo malih kocki da sagradite Lego zamak, najpre morate naučiti kako da napravite brojna mala i jednostavna strujna kola, pre nego što budete u mogućnosti da napravite kompleksno eletronsko strujno kolo.

U tome će vam pomoći ova knjiga. Proučavanjem ove knjige naučićete kako funkcionišu jednostavna eletronska strujna kola, i primenom znanja iz ove knjige, bićete u mogućnosti da sami sastavite prilično komplikovana strujna kola.

Dakle, počinjemo!

MERNE JEDINICE

Kako ćemo ovde raditi sa raznim fizičkim količinama koje se mere različitim jedinicama, prvo moramo naučiti sve o mernim jedinicama koje se koriste u elektrotehnici. U Srbiji, kao svuda u svetu, koristimo, kada su tehničke stvari u pitanju, SI sistem jedinica - Systéme International (kako se na francuskom piše International) i prema ovom sistemu, osnovne jedinice su:

Količina	Jedinica	Skraćenica
dužina	metar	m
masa	kilogram	kg
Vreme	sekund	s
Electrična struja	amper	A
temperatura	kelvin	K
Svetlosna jačina	Kandela – sveća	cd
substanca	mole	mol

Sve ostale jedinice su izvedene iz ovih osnovnih jedinica i mogu se tako i izraziti: npr. volt je izvedena jedinica. Jednačine pojedinačnih izvedenih jedinica nisu jednostavne i prevazilaze okvire ove knjige.

Mnoge stvari oko nas su merljive, a njihova svojstva definisana. Tako, možemo izmeriti dužinu nekog stola. Za to koristimo neki merni instrument (npr. lenjir) čija je skala podeljena na manje jedinice. Jedinica za merenje dužine je metar. Vi verovatno znate za još neke jedinice. Masa se meri u kilogramima, vreme u sekundama, zapremina u kubnim metrima, itd.

Često koristimo merne vrednosti koje su mnogo veće ili manje od osnovne jedinice. U takvim slučajevima koristimo prefiks koji služi da navede koliko puta je naša jedinica manja ili veća od osnovne jedinice.

Za merne vrednosti koje su mnogo veće od osnovne jedinice, koristimo sledeće prefikse:

prefiks	simbol	vrednost	osnovnu jedinicu množimo sa
kilo-	k	10^3	1.000
mega-	M	10^6	1.000.000
giga-	G	10^9	1.000.000.000
tera-	T	10^{12}	1.000.000.000.000

Znači, 1 kilometar je jednak 1.000 metra, a 101,6 megaherca je jednako 101.600.000 herca ili :

1 km = 1.000 m

101,6 MHz = 101.600.000 Hz

Za merenje vrednosti koje su mnogo manje od osnovnih jedinica, koristimo sledeće prefikse:

prefiks	simbol	vrednost	osnovnu jedinicu delimo sa
mili -	m	10^{-3}	1.000
mikro-	μ	10^{-6}	1.000.000
nano-	n	10^{-9}	1.000.000.000
piko-	p	10^{-12}	1.000.000.000.000

Znači, 1 milimetar je jednak 0.001 metra i 10 mililitara je jednako 0,01 litra ili :

1 mm = 0,001 m

10 ml = 0,01 l

OSNOVNE KOMPONENTE ELEKTRIČNOG KOLA

ELEKTRIČNO KOLO

Električna struja se ne može čuti, videti, a ni osetiti mirisom. Kako onda električna struja teče? Električna struja teče kada imamo razliku električnih potencijala i zatvoreno strujno kolo.

Zamislite da imamo kofu putu vode na stolu i jednu praznu kofu ispod stola. Povežite te dve kofe jednim crevom kroz koje će teći voda. Kofa na gornjem nivou će se prazniti kako se ona na donjem nivou bude punila. Što je crevo šire, kroz njega će teći više vode.

Sada hajde da smestimo točak iznad kofe na donjem nivou. Ako je točak mali i dovoljno lagan, struja iz malog creva će prouzrokovati da se on okreće. Ukoliko uglavimo veći točak, moraćemo ili da upotrebimo šire crevo sa više struje, ili ako hoćemo da koristimo isto crevo, podignemo kofu sa gornjeg nivoa još više i tako dobijemo jači mlaz, recimo sa stola je podignemo na policu.

Pre ili kasnije, kofa na gornjem nivou će se isprazniti. Ukoliko ručnu pumpu povežemo sa kofom na donjem nivou, možemo pumpati vodu iz kofe na donjem u kofu na gornjem nivou. Ovaj eksperiment sa kofama, crevima, točkom i pumpom pokazuje šta se u osnovi dešava u električnom kolu. Kofa na višem nivou predstavlja jedan pol baterije. Creva različite veličine su provodnici različite veličine kroz koje prolazi jača ili slabija električna struja.

Manji ili veći točkovi za vodu su potrošači struje (npr. jači ili slabiji električni motori ili jače ili slabije sijalice). Isto kao što se kofa sa gornjeg nivoa brže prazni ukoliko je točak veći a crevo šire, tako će se i baterija ranije isprazniti ukoliko je provodnik voći ili je električni motor jači.

Umesto da koristimo bateriju kao izvor struje, koristimo generator, kao kod centrala. U našem slučaju to je vodena pumpa.

U našem sistemu kofa-i-crevo, strujno kolo se sastoji od kofe na gornjem nivou, creva, vodenog točka i na kraju kofe na donjem nivou. Kod strujnog kola, struja teče od pozitivnog (+) pola, kroz provodnik, preko potrošača i u negativan (-) pol.

Efekat elektrine struje zavisi od toga šta je povezano sa strujnim kolom. Ukoliko povežemo elektro motor, efekat električne struje će biti okretanje njegove osovine. Ukoliko povežemo zujalicu, čućemo zujanje. Ukoliko povežemo sijalicu, ugledaćemo svetlo. Postoji mnogo mogućnosti. Prilikom stvaranja električnog strujnog kola, koristimo neke osnovne komponente. To su: baterije, provodnici, otpornici, električni kondenzatori, prekidači i polu-provodnici (diode, svetlosne diode, tranzistori i integrisana kola).

BATERIJE

Električne baterije predstavljaju izvor električne struje. Glavna karakteristika električnih baterija je njihov napon. Jedinica za napon je volt, koja je ime dobila po italijanskom fizičaru Alesandru Volti. Znak za ovu jedinicu je V. Znak za napon je U.

Napon između polova malih baterija koje koristimo za kasetofone je 1,5V. Napon između polova auto baterije je 12V. Napon tročelijske pravougaone baterije je 4,5V.

Za baterije i akumulatore, koristimo isti znak: dugačku tanku i paralelnu kraću i deblju liniju. Tanki linija je pozitivan pol, a deblja linije je negativan pol baterije. Ako povežemo nekoliko baterijskih ćelija serijski, dobijamo bateriju sa većim naponom. Jedna baterijska ćelija obično ima 1,5V. Tako će, baterija od 9V imati šest zatvorenih ćelija, a baterija od 4,5V tri zatvorene ćelije, serijski povezane.

Slika a.) Znak za bateriju

Slika b.) Različite baterije

Na našim crtežima su obično prikazane serijski povezane baterije, tako da su tanje i deblje linije prikazane u koloni ili su tačkice iscrtane između dva znaka za bateriju. Znak za bateriju i njihov izgled su prikazani na slikama a.) and b.).

Vratimo se na poređenje kofa; zamislite kofe kaskadno poredane i povezane crevom. Voda će cirkulisati od najviše kofe ka nižoj kroz crevo, a iz poslednje kofe će isticati voda koja je prošla kroz sve kofe. Na ovaj način možemo prikazati serijski povezane baterije.

PROVODNICI

Provodnike koristimo za povezivanje komponenta električnog kola u zatvoreno kola. Na dijagramu koji predstavlja strujno kolo, provodnici su prikazani kao linije. Ukoliko se provodnici ukrštaju, ukrštaće se i linije na dijagramu. Ukoliko provodnike treba povezati, na dijagramu se to prikazuje u obliku tačke. Ukoliko su komponente i kola serijski povezani, tačke se ne prikazuju na dijagramu. Primeri ukrštanja, povezivanja i serijskog povezivanja su dati na prikazu c.).

Ukoliko uporedimo provodnike sa cevima videćemo da veći provodnici mogu provesti više struje. Žice koje se nalaze u kompletu se mogu koristiti u svim eksperimentima. Proverite da li struja teče tamo gde treba, da li su žice izolovane i da li je izolacija uklonjena samo na krajevima.

Slika c.) Ukrštanje, povezivanje i serijsko povezivanje

Slika d.) Provodnici i prekidač

PREKIDAČ

Prekidač se koristi da poveže, npr. zatvori strujno kolo ili da diskonektuje, npr. prekine, strujno kolo. Prekidač i znak za isti su dati na slici d.) i e.). Dijagram taode prikazuje da li je prekidač uključen – on ili isključen – off.

Električna struja teče kroz zatvoreno strujno kolo. Električna struja je električno punjenje koje teče kroz provodnik u sekundi. Kao jednačina to se izražava ovako:

$$I = Q / t$$

Kod ove jednačine, I predstavlja struju, a Q električno punjenje koje je prošlo kroz provodnik u vremenu t.

Električna struja se meri amperima (A) po francuskom fizičaru André Ampèreu. Znak za struju je I.

Slika e.) Znak za prekida u dijagramu strujnog kola

ELEKTRIČNA STRUJA

Ako se vratimo našim kofama sa vodom, količina vode u kofi na gornjem nivou predstavlja električno punjenje koje je smešteno u bateriju. Više vode će teći kroz šire crevo; drugim rečima, struja će biti jača. Naravno jača struja će brže isprazniti bateriju. Isto važi za baterije i sijalice: ukoliko je sijalica jača, jača struja će teći sa istom voltažom. Sijalica će davati više svetla, ali će se baterija isprazniti brže nego u slučaju manje sijalice.

NAIZMENIČNA ELEKTRIČNA STRUJA

Zamislite da posmatramo tok vode u morezu između zaliva i otvorenog mora. Šta se dešava sa plimom? Kada je nivo vode veći na otvorenom moru, usled plime, voda se uliva u zaliv. Kada je nivo vode u moru niži, voda iz zaliva otiče ka otvorenom moru. Kao rezultat promena, voda se jednom uliva, a jednom odliva iz zaliva. Možemo reći da u morezu imamo naizmjenični tok vode.

Slično, električna struja može da teče kroz provodnik, najpre u jednom a zatim u drugom smeru. Takav tok električne struje se naziva naizmjenična struja (AC).

Mada struja iz baterije uvek teče samo u jednom smeru, mi ćemo, u našem eksperimentu, doći do situacija gde će struja teći u jednom pa u drugom smeru kroz određene elemente strujnog kola. Naizmjenična struja će teći kroz te elemente.

FREKVENCIJA

Kod naizmjenične struje, mižemo izbrojati koliko puta u sekundi električna struja menja smer. Broj promena u sekundi se naziva frekvencija. Jedinica frekvencije je herc (Hz), a nazvana je po nemačkom fizičaru Hajnrihu Hercu.

Sada, ako se prisetimo poglavlja o mernim jedinicama, videćemo da ne postoji osnovna jedinica za frekvenciju. Ali, rekli smo da su ostale merne jedinice izvedene iz osnovnih. A kako mi izvodimo jedinicu za frekvenciju? Frekvencija predstavlja broj promena u sekundi. Ne postoji jedinica za "broj promena", ali 1 sekund je osnovna jedinica. Jedinica frekvencije se može izraziti kao:

(jedinica frekvencije) = (jedinica broja promena)/(jedinica vremena)

$$\text{Hz} = 1 / \text{s}$$

Ovo je primer jednostavne jednačine jedinica jediničnog sistema.

Druge jedinice (npr. volt ili om) nisu izvedene tako lako.

Ako jedan naizmjenični signal ima nisku frekvenciju, mi to nazivamo nizak signal frekvencije. Struja koja teče kroz kalem mikrofona je nisko frekventna struja. Zvuk koji čujemo je između 16 Hz i 20 kHz. Električni signali na tako niskim frekvencijama se nazivaju nisko frekventni signali. Električna struja koja teče kroz kabl između antene i televizora je visoko frekventna struja.

U našem eksperimentu, korišćićemo samo nisko frekventne naizmjenične struje.

OTPORNIK

Otpornik je obično jedna keramička cev obložena nekim otpornim materijalom (npr. grafit ili metal). Na kraju cevi se nalaze dve žice preko kojih je otpornik povezan sa strujnim kolom. Otpornik i njegove oznake su prikazani na slici f.) i g.).

Slika f.) Otpornici

Slika g.) Znak za otpornik

Ukoliko karakteristike otpornika uporedimo sa vodenim tokom, otpornik bi bio strmi deo creva kroz koji voda teče. Što je cev nagnutija, vodi je teže da prolazi. Struja koja teče kroz otpornik zavisi od napona na konekcijama i otpora samih otpornika. Što je veći napon, više struje će teći kroz otpornik. Pri istom naponu, više struje će teći kroz otpornik sa manim otporom. Ovo možemo izraziti jednačinom:

$$I = U / R,$$

kod koje je I struja koja teče kroz otpornik, U je napon na kontaktu otpornika i R je otpor otpornika. Jednačinu možemo okrenuti da bi dobili

$$U = I \cdot R$$

Ovo je Omov Zakon, koji je ime dobio po nemačkom fizičaru Džorž Simonu Omu, koji je proučavao vezu između električne struje, napona i otpora u električnom strujnom kolu. Jedinica za električni otpor je om i njena oznaka je veliko grčko slovo omega (Ω). Isto kao i kod ostalih jedinica, koristimo prefikse za veće vrednosti, npr. kilo i mega: 1 kilo-

om je jedna hiljada oma i jedan megaom je jedan milion oma.

Kako su otpornici obično mali, brojevi na njima se brzo brišu usled trenja. Da biste lakše pronašli različite otpornike, vrednosti otpornika su označene trakama u boji. Kako čitamo te trake? Držite otpornik tako da vam je traka u boji bliže levoj strani otpornika. Ukoliko postoji nekoliko traka, najšira od njih će biti na pravoj strani. Na jednom otporniku može postojati tri do pet traka. Ukoliko ih je više od tri, traka na desnoj strani je ona koja važi. Ukoliko postoji tri ili četiri trake, onda prve dve prikazuju numeričke vrednosti a treća broj nula koje prate brojeve. Ako postoji pet linija, prve tri prikazuju numeričke vrednosti, a četvrta nule koje slede.

Kodovi boja su dati u tabeli koja sledi:

- 0 crna
- 1 braon
- 2 crvena
- 3 narandžasta
- 4 žuta
- 5 zelena
- 6 plava
- 7 ljubičasta
- 8 siva
- 9 bela

Iste boje se koriste da pokažu broj nula koje slede:

- 0 nijedna
- 1 jedna
- 2 dve

- 3 tri
- 4 četiri
- 5 pet
- 6 šest
- 7 sedam
- 8 osam
- 9 devet

Kada bi se neki otpornik označio otporom koji je ispod 10 oma, numerička vrednost bi bila prevelika. U ovom slučaju brojčana vrednost se deli sa deset ili sto.

Podeljeno sa deset	zlatna traka
Podeljeno sa sto	srebrna traka

Poslednja (četvrta ili peta) traka nam govori koliko je otpornik precizan. Sa proizvodne linije, otpornici ne izlaze potpuno jednaki. Otpornici za koje se pretpostavlja da su jednaki mogu se malo razlikovati. Ako uzmemo kutiju otpornika određene vrednosti otpora, recimo 100Ω, i ako izmerimo njihov otpor, dobijene vrednosti neće biti potpuno iste. Što je proizvodnja preciznija, ove razlike će biti sve manje. Kao što i sami pretpostavljate, naravno, sigurniji otpornici su mnogo skuplji. Uzimajući u obzir korišćenje i cenu elemenata, korisnik mora da odluči o željenoj sigurnosti neophodnih elemenata. Proizvođači često garantuju sigurnost svojih proizvoda. Ukoliko je sigurnost otpornika označena, biće označena trakama u sledećim bojama:

- ± 10% srebrna
- ± 5% zlatna
- ± 1% braon
- ± 2% crvena
- ± 0,5% zelena
- ± 0,25% plava
- ± 0,1% ljubičasta
- ± 0,05% siva

Tako otpornik otpora 100Ω čija je sigurnost ±10% će imati otpor između 90Ω i 110Ω. Da pogledamo neke primere:

Otpornik sa tri trake: braon, crna, crvena.

Vrednost je: jedan, nula, dve nule: 1.000Ω.

Otpornik sa četiri trake: narandžasta, narandžasta, narandžasta, zlatna

Vrednost je: tri, tri, tri nule: 33.000Ω

Tačnost: ± 5%

Otpornik sa pet traka: crvena, crna, zelena, zlatna, (široka) crvena.

Vrednost je: dva, nula, pet, podeljeno sa deset: 20,5Ω

Tačnost: ± 2%

Ukoliko nam treba jači otpornik, on će obično biti veći. Veoma snažni otpornici su napravljeni tako da je žica otpornika namotana oko keramičke cevi. U našim eksperimentima, mi nećemo koristiti takve otpornike.

Nekada nam trebaju otpornici koji brzo mogu da promene vrednosti. Zamislite da imamo klizeći kontakt kod našeg otpornika. Kada se promeni tačka kontakta, otpor između kontakta i klizača se menja. Takvi otpornici se nazivaju potenciometri. Kod potenciometara, otporni sloj se nalazi tankom obodu u obliku prstena. Klizač je priljubljen za telo otpornika. Primer za korišćenje potenciometra je u eksperimentu gde podešavamo jačinu radio prijemnika. Kako je kućište potenciometra dovoljno veliko, vrednost otpora je na njemu ispisana brojevima, npr. 50K ($50k\Omega$).

Ukoliko želimo da koristimo potenciometar kao podesivi otpornik, povezaćemo ga sa strujnim kolom na jednom krajnjem izlazu, a onda povezati srednji izlaz za klizač. Kada se klizač nastavlja na krajnji izlaz, otpor je mali ili zanemarljiv. Kada se klizač nalazi na suprotnom kraju, otporni sloj u celini leži između spojeva – kontakata, i otpor potenciometar pruža najveći mogući otpor. To je otpor koji je naveden na kućištu potenciometra.

Kada koristimo potenciometar kao jedan podesivi otpornik, koriste se samo dva izlaza: središnji izlaz i jedan od krajnjih izlaza. Na dijagramima, takvi podesivi otpornici se često prikazuju u vidu otpornika koji je precrtan strelom. Uopšte na dijagramima, element koji je precrtan strelom označava da je element podesiv.

Slika h.) pokazuje simbole za potenciometar i potenciometar koji se koristi kao podesivi otpornik.

Slika h.) Simbol za potenciometar

KRATAK SPOJ

Otpor neke žice je, u poređenju sa nekim drugim elementom strujnog kola, je veoma mali. Možemo reći da je nula.

Ukoliko žicu povežemo paralelno sa drugim elementom, struja će prolaziti kroz žicu, pre nego kroz element. Možemo reći da je struja odabrala "lakši" put. Takva prečica se naziva kratak spoj. Kratak spoj se takođe može postići pritiskom na dugme ili škljocanjem prekidača.

OTVORENI KONTAKT

Ukoliko kolo prekinemo u nekoj tački, put prolaska struje će biti prekinut, jer struja ne može da prolazi kroz vazduh. Ta tačka se naziva otvoreni kontakt. Ukoliko se jedan kontakt takvog elementa nalazi u vazduhu, struja kroz njega ne može da teče.

UZEMLJENJE

Često ćemo koristiti termin "uzemljenje". Na polju elektronike, to obično označava deo kola koji je povezan sa negativnim polom baterije. U autu, za svaki provodnik koji je povezan sa karoserijom automobila možemo reći da je uzemljen. Kod naših strujnih kola, to će značiti da je povezan sa negativnim polom baterije.

Osim ako nije eksplicitno navedeno, napon se obično meri između određene tačke i zemlje, ili negativnog pola baterije. Tako ukoliko vidite da na kolektoru piše 9V, napon se meri između kolektora i negativnog pola baterije. Simbol za uzemljenje je dat na slici i.)

Slika i.) Simbol za zemlju

ELEKTRIČNI KONDENZATOR

Električni kondenzator je napravljen od dve paralelne ploče koje su podeljene slojem koji ne provodi struju. Da bi bio što manji, urolan je kao maramica. Sposobnost električnog kondenzatora da prihvati određeno električno punjenje se naziva kapacitet. Jedinica kapaciteta je farad (F), nazvana po engleskom fizičaru Majkl Faradeju. Simbol kapaciteta je C.

Farad je veoma velika jedinica, tako da mi koristimo manje jedinice: mikrofarad (μF) je milioniti deo farada i jedan nanofarad (nF) je još hiljadu puta manji. Numerička vrednost kapaciteta je obično navedena na električnom kondenzatoru.

Šta bi električni kondenzator bio kada se radi o našim eksperimentima sa kofama vode? Pretpostavimo da prazan balon stavimo na kraj creva i napunimo ga vodom. Ako onda uklonimo crevo, voda će grnuti. Što je balon veći, u njega će stati više vode. Ukoliko kofu stavimo na viši nivo, balon će primiti više vode.

Visina kofe na gornjem nivou kod kondenzatora predstavlja napon na njegovim izlazima, veličina balona predstavlja kapacitet, a količina vode koju balon prima predstavlja električno punjenje.

Kapacitet kondenzatora je:

$$C = Q / U$$

Q je električno punjenje (izraženo u kulonima, C) na pločama kondenzatora, U je napon na izlazima kondenzatora (u voltima, V). Što je veći kapacitet kondenzatora, on će primiti više električnog punjenja sa istim naponom.

Slika j.) Simbol za običan i elektrolitički kondenzator

Kondenzatori koji su korišćeni u našim eksperimentima su različitih oblika i veličina. Neki su u obliku tableta sa žicama na obe ploče. To su keramički kondenzatori. Drugi imaju oblik plastičnih cilindara ili kocki. Oni su urolani unutar kućišta. Treća vrsta su elektrolitički kondenzatori. Kod njih je veoma važno na koji način su povezani. Koji kontakt ide ka pozitivnom a koji ka negativnom polu kola je obično navedeno na kućištu elektrolitičkih kondenzatora. Na kućištu elektrolitičkih kondenzatora takođe je naveden i najveći napon koji mogu da prihvate. Ukoliko kondenzator povežemo sa višim naponom, unišćemo ga.

Slika k.) Kondenzatori

Elektrolitički kondenzatori imaju kapacitet od nekoliko mikrofarada. Obični i elektrolitički kondenzatori i njihovi simboli su dati na slikama j.) i k.).

KALEM

Kalem je duga žica namotana na nosač. Ukoliko dopustimo da električna struja teče kroz kalem, ponašaće se kao magnet. Možemo posmatrati kako konektovani kalem privlači metalne predmete, kao što je žica, šrafovi, vijci, itd.

Kalem odoleva promenama struje koja teče kroz njega. Probušeno crevo kroz koje teče voda će se slično ponašati ako je crevo dugačko i u njemu ima mnogo vode. Kada sa česme uklonimo crevo, voda će nastaviti da teče neko vreme pre nego što se smiri i potpuno prestane.

Karakteristika kalema je induktivni otpor. Jedinica induktivnog otpora naziva se henri (H), po engleskom fizičaru Džozefu Henriju. Simbol induktivnog otpora je L.

Kalem i njegov simbol su prikazani na slikama l.) i m.).

Slika l.) Kalem

Slika m.) Simbol za kalem

TERMISTOR

Termistor je specijalna vrsta otpornika. Ima svojstvo da se njegov otpor znatno menja ukoliko ga zagrevamo. U zavisnosti da li se otpor smanjuje ili se povećava kada ga zagrevamo, kažemo da termistor ima pozitivan ili negativan temperaturni koeficijent. Otpor termistora je uvek dat na sobnoj temperaturi (20°C). U ovom kompletu se nalazi termistor kod koga se otpor smanjuje ukoliko se zagreva.

Spolja, termistori često liče na keramičke kondenzatore. Otpor je naveden brojevima ili bojama, pri čemu se prva boja nalazi na suprotnoj strani od izlaznih žica. **Termistor i njegovi simboli su dati na slikama n.) i o.).**

Slika n.) Simbol za termistor

Slika o.) Thermistor

SIJALICA

U kompletu se takode nalazi i sijalica koju ćemo koristiti u našim eksperimentima. Sijalica, sijalino grlo i simbol za sijalicu su dati na slikama p.) i s.)

Sijalicu sa vlaknom su skoro simultano izumeli jedan američki i jedan britanski pronalazač: Tomas Alva Edison i Ser Džozef Vilson Svan.

Slika p.) Simbol za sijalicu

POLUPROVODNIČKA DIODA

Poluprovodnička dioda ima svojstvo materije koja provodi električno punjenje samo pod specifičnim uslovima.

Svojstvo poluprovodničke diode je da provodi električno punjenje samo u jednom pravcu. Prilikom povezivanja diode sa strujnim kolom, moramo paziti da diodu okrenemo u pravilnom smeru. Smer punjenja je naznačen na diodi. Pozitivan kontakt diode se naziva anoda, a negativan atoda. Električno punjenje će teći kroz diodu kada je anoda povezana sa pozitivnim, a anoda sa negativnim polom baterije.

Slika r.) Simboli za diodu i diodu koja emituje svetlost

Ukoliko je dioda cilindrična, katoda će biti označena linijom u boji, ili će na njoj biti nacrtan simbol diode.

Varijanta diode je i dioda koja emituje svetlost (LED). Kada strujno punjenje teče kroz LED, ona svetli. LED diode mogu emitovati svetlost u raznim bojama, npr. crveno, zeleno, žuto. LED diode imaju kraći kontakt za katodu i prsten kućišta diode je odsečen na strani katode.

Različite vrste dioda i LED dioda kao i njihovi simboli su dati na slikama r.) i s.).

Slika s.) Sijalica i dioda

TRANZISTOR

Tranzistor je predstavljao rezultat istraživačkog rada izvođenog u američkoj korporaciji Bell. Izumeli su ga Valter H. Bratain, Džon Bardin i Vilijam Šokli 1948. godine. Otkriće tranzistora je pokrenulo nezadrživi talas u razvoju elektronike koja napreduje do današnjih dana. Tranzistor je poluprovodljivi element sa tri izlaza. Ima svojstvo da se njegov otpor menja u zavisnosti od strujnog punjenja koje ide kroz njegov kontrolni izlaz.

Kako možemo objasniti ponašanje tranzistora uz pomoć analogije toka vode? Pretpostavimo da smo na jedno crevo stavili ventil. Opruga drži ventil zatvoren. Na samom ventilu postoji duga ručka na kojoj je mala posuda sa rupom kroz koju kaplje voda. Kroz tanko crevo usmeravamo vodu iz kofe na gornjem nivou ka maloj posudi. Posuda će

se napuniti, ručica ventila će se pokrenuti i otvoriti ventil na velikom crevu. Sada mnogo više vode može da teče kroz njega. Kada zatvorimo malo crevo, voda će kapati izvan posude, opruga će vratiti ručicu nazad i zatvoriti ventil. Sa malom količinom vode, mi i dalje možemo kontrolisati tok vode kroz veće crevo.

Veće crevo je do ventila dovedeno od rezervoara. Ovaj spoj na ventilu se naziva kolektor. Tok vode kroz veće crevo se kontrolišu uz pomoć toka koji vodi od tankog creva do male posude. Mala posuda se naziva baza. Od našeg ventila i od posude, voda teče do druge posude (koja se naziva odašiljač), odakle voda teče u kofu na nižem nivou.

Kod tranzistora, tri spoja se nazivaju kolektor, baza i odašiljač. Spojevi su retko označeni na kućištu tranzistora. Ako jesu, obično je to odašiljač. Ali spojevi nisu uvek raspoređeni tako da je baza u sredini, kao na našem dijagramu. Da bismo znali kako su raspoređeni kontakti, obično moramo pogledati katalog u kome je data specifikacija tranzistora.

Slika t.) Simbol tranzistora

Na slici u.) su date neke različite vrste tranzistora. Prikaz t.) pokazuje raspored kontakata za tranzistor BC548, kao što je tranzistor iz ovog kompleta (tri dela).

Dijagram takođe daje simbol tranzistora. Debeli linija je baza. U produžetku baze je osna linija što predstavlja kolektor. Treća linija ima strelicu u smeru toka električnog punjenja kroz tranzistor. Ukoliko je strelica usmerena od baze, električno punjenje ide iz odašiljača i to je onda NPN tranzistor. Ukoliko je strelica usmerena ka bazi, onda je to PNP tranzistor.

U oba slučaja princip je isti, samo što električno punjenje ide u različitim smerovima. U ovom kompletu se nalaze samo NPN tranzistori .

Slika u.) Različite vrste tranzistora

STRUJNA PLOČA

Sve eksperimente opisane u ovom priručniku ćete raditi na strujnoj ploči. Ploča je napravljena tako da se izbegne potreba za lemilom, šrafciđerom ili kleštima. Sva strujna kola se mogu naravno ručno. Strujna ploča ima rupa. Prilikom sklapanja strujnog kola, proverite raspored kontakata na dijagramu. Tek onda spojite osigurače kontaktne opruge kao što je prikazano na prikazu v.).

Ukoliko žicu stavite samo kroz jedan navoj opruge, brzo će ispasti, i strujno kolo neće funkcionisati. Stoga treba da žicu provučete kroz najmanje dva navoja. Naravno, u tački kontakta treba ukloniti izolaciju. Prikaz z.) pokazuje pravilno uvučenu žicu.

Pažljivo pripremite element koji nameravate da povežete. Nikada ne savijajte izlazne žice na mestu gde su priljubljene sa elementom. Kada se na tom mestu saviju nekoliko puta, žica će postati pljosnata i element će biti beskoristan.

Bateriju spojite sa strujnom pločom da biste sprečili da ona svojom težinom napravi rupu. Ovo možete uraditi sa materijalom iz ovog kompleta (žica i osigurači opruge).

Sada kada smo nešto naučili o osnovnim komponentama kompleta, možemo početi da sastavljamo strujna kola. Za svako strujno kolo, najpre dobro proučite kako se pravi. Zatim u kompletu pronađite komponente. Osigurač opruge stavite onako kako je prikazano na dijagramu. Uporedite šemu i dijagram.

Tada možete početi sa sklapanjem strujnog kola. Najpre, stavite osigurače opruge, zatim žice, prekidače, otpornike, kondenzatore, itd. Pre povezivanja baterije, proverite da li ste pravilno sklopili sve elemente. Proverite dobro da li ste povezali poluprovodničke elemente i elektrolitičke kondenzatore pravilno!

Ako niste napravili ni jednu grešku, strujno kolo treba da funkcioniše normalno. Ako ne funkcioniše, odmah diskonektujte bateriju i probajte da nadete uzrok problema.

Srećno, i zabavite se!

Slika v.) Ubacivanje žabica na osnovnu ploču

Slika z.) Provlačenje žice kroz oprugu

SADRŽAJ KOMPLETA

No.	Element	Pieces
1.	Osnovna ploča	1
2.	spring clip	30
3.	sijalica 12V/ 0.05A	1
4.	sijalično grlo	1
5.	prekidač	1
6.	kućište baterije od 9V	1
7.	magnet	1
8.	relej	1
9.	tranzistor BC548	3
10.	crveni LED	1
11.	zeleni LED	2
12.	mikrofon od 0.5W, 8Ω	1
13.	diode 1N4004	2
14.	termistor NTC 10 kΩ	1
15.	rid relej	1
16.	indikator vlažnosti	1
17.	potencijometer 100 Ω	1
18.	potencijometer 10 kΩ	1
20.	otpornik 33 Ω, 0.5W	1
21.	otpornik 56 Ω, 0.5W	1
22.	otpornik 100 Ω, 0.5W	1
23.	otpornik 270 Ω, 0.5W	1
24.	otpornik 1 kΩ, 0.5W	2
25.	otpornik 2.2 kΩ, 0.5W	1
26.	otpornik 5.6 kΩ, 0.5W	1
27.	otpornik 22 kΩ, 0.5W	3
28.	otpornik 100 kΩ, 0.5W	1
29.	keramički kondenzator 1.5 nF	1
30.	keramički kondenzator 10 nF	2
31.	keramički kondenzator 47 nF	1
32.	keramički kondenzator 100 nF	1
33.	elektrolitički kondenzator 100 μF/16V	2
34.	elektrolitički kondenzator 1,000 μF/16V	1
35.	provodljiva struja, 55 mm	4
36.	provodljiva žica, 100 mm	6

37.

provodljiva žica, 150 mm

4

STOTINU STRUJNIH KOLA !

1. PROSTO ELEKTRIČNO KOLO

Stavite sijalicu u sijalčno grlo. Povežite sijalicu i žice iz baterije kako je prikazano na priazu 1. Zatim povežite – konetujite bateriju. Struja će teći od pozitivnog pola baterije kroz žicu sve do sijalice i kroz drugu žicu do negativnog pola. Sijalica će svetleti sve dok baterija ne presuši ili vi ne prekinete strujno kolo.

2. ELEKTRIČNO STRUJNO KOLO SA PREKIDAČEM

Dodajte jednu oprugu i povežite prekidač sa strujnim kolom. Sijalica će svetleti samo ada je prekida na poziciji ON.

3. SERIJSKA VEZA DVA ELEMENTA

Na tablu sa strujnim kolom dodajte još jednu oprugu. Promenite strujno kolo tako što ćete povezati jedan otpornik od 56Ω između prekidača i sijalice. Kada pritisnete prekidač, sijalica će svetleti malo slabije nego ranije.

Slika 1

Slika 2

Slika 3

4. DA LI JE BITNO KAKO SMO POVEZALI OTPORNIK?

U istom strujnom kolu (Slika 3), priključite izlazne žice otpornika. Kada pritisnete prekidač, sijalica će svetleti istim intenzitetom kao ranije. Ovo pokazuje da nema razlike u načinu povezivanja otpornika. Ako pogledate dijagrame, videćete da su isti u oba slučajja. Na dijagramu strujnog kola nema indikacije kako treba okrenuti otpornik. To znači da to nije značajno za funkcionisanje strujnog kola.

5. DA LI JE VAŽNO KAKO SMO POVEZALI SIJALICU?

Možemo izvesti eksperiment kao što smo uradili sa otpornikom. Zamenite mesta konekcije sijalice. Opet, i od sijalice nije važno na koji način smo je povezali sa strujnim kolom. Dijagram ne pokazuje na koju stranu sijalica treba da bude okrenuta i opruga koja je konektuje nije posebno označeno. To znači da to nije značajno za funkcionisanje strujnog kola.

Slika 5

6. DA LI JE REDOSLED SERIJSKI POVEZANIH ELEMENATA VAŽAN?

Elementi strujnog kola su baterija, prekida, otpornik i sijalica (figure 5). Zamenite mesta bilo koja dva elementa i testirajte strujno kolo. Ponašaće se potpuno isto kao i ranije. Bez obzira od nain povezivanja elemenata, električna struja ide od pozitivnog pola baterije, kroz sve elemente zatvorenog strujnog kola. Ukoliko imamo nekoliko elementa serijski povezanih u strujno kolo, redosled njihovog povezivanja ne utiče na funkcionisanje strujnog kola.

7. STRUJA KOJA TEČE KROZ OTPORNIK

Konektivnu žicu koja kreće od pozitivnog pola baterije ostavite slobodnu. Sijalica neće svetleti jer je strujno kolo prekinuto. Ukoliko dodirnete oprugu prvom žicom, sijalica će zasvetleti. Ukoliko dodirnete oprugu drugom žicom, sijalica će svetleti smanjenim intenzitetom.

Sijalica emituje više svetlosti kada je struja koja kroz nju prolazi jača. Možemo zaključiti da je više struje prolazilo kroz sijalicu kada smo žicu povezali sa oprugom. U prvom slučaju, struja je išla kroz otpornik od 33Ω , a onda kroz sijalicu nazad do baterije. U drugom slučaju, jedina razlika je otpornik od 100Ω . Struja u drugom slučaju je bila slabija jer je otpor OTPORNIKA bio veći.

Slika 7

8. ELEKTRIČNO STRUJNO KOLO SA PODESIVIM OTPORNIKOM

Sklopite strujno kolo kako je prikazano na slici 8. Kada ste prekidač stavili na poziciju on, okrenite osovinu potenciometra levo i desno. Kada je otpor potenciometra najslabiji, sijalica će najjače goreti. Setite se Omovog zakona: pri istom naponu, struja je jača ako je otpor slabiji. Šta su otpornici kod strujnog kola. To su: sve žice, sijalica i potenciometar. Prekidač, kada se nalazi na poziciji on, pratino nema otpora. U poređenju sa otporom drugih otpornika sijalice, otpor žica koje služe za povezivanje je minimalan i možemo ga ignorisati.

Struja koja teče kroz sijalicu je jednaka struji koja teče kroz potenciometar. Omov zakon se primenjuje u svim slučajevima, kako za sijalicu tako i za potencijometar. Otpor celokupnog strujnog kola možemo označiti sa R , otpor sijalice sa R_b i otpor potenciometra sa R_p .

Ako je napon baterije U , tada je:

$$U = I \cdot R,$$

Pri čemu je I struja koja tee kroz strujno kolo a R je otpor celog strujnog kola.

Napon po potenciometru je:

$$U_p = I \cdot R_p,$$

Dok je napon po sijalici

$$U_b = I \cdot R_b.$$

Napon baterije se deli između sijalice i potenciometra. Napon po bateriji je jednak zbiru napona po sijalici i potenciometru.

$$U = U_p + U_b$$

Ukoliko u strujnom kolu imamo nekoliko otpornika, napon po po bateriji bi bio jednak zbiru napona po svim otpornicima u strujnom kolu. Ovo je poznati Kiršofov zakon napona ili Kiršofov drugi zakon, po fizičaru Gustavu Robertu Kiršofu.

Ova jednačina takode može biti napisana kao:

$$I \cdot R = I \cdot R_p + I \cdot R_b$$

Ukoliko levu i desnu stranu jednačine podelimo sa I , dobijemo još jedan tačan oblik jednačine:

$$R = R_p + R_b.$$

Znači: ukupan otpor serijski povezanih elemenata u strujnom kolu je jednak zbiru svih otpornika strujnog kola.

Ukoliko izmenimo vrednost potenciometra R_p , doći će do promene otpora celokupnog strujnog kola promeniti, a takode će se promeniti i električna struja. Kao rezultat, doći će i do promene svetlosti koju emituje sijalica.

Ako se vratimo na analogiju sa kofama sa vodom, serijsko povezivanje dva otpornika (ne smemo zaboraviti da sijalica takode pretstavlja otpornik) bi bila jednaka slučaju sa vodom iz kofe na gornjem nivou, koja najpre teče kroz jedno crevo, a zatim kroz drugo sve do kofe na donjem nivou.

Slika 8

Ponekad nemamo otpornik tražene vrednosti otpora. Ukoliko imamo dva otpornika čiji zbir odgovara traženoj vrednosti otpora, možemo ih serijski povezati u strujno kolo. Zamena za otpor se može sastaviti od nebrojeno serijski povezanih otpornika. Ukupan otpor je jednak zbiru otpora svih serijski povezanih otpornika u strujnom kolu:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

R je otpor svih serijski povezanih otpornika sabranih zajedno.

R_1, R_2, R_3, \dots su otpori pojedinačnih serijski povezanih otpornika.

Otpor celog lanca serijski povezanih otpornika je uvek veći od otpora otpornika najveće vrednosti otpora.

9. PODELA NAPONA NA DVA SERIJSKI POVEZANA OTPORNIKA

Kod strujnog kola na slici 9, dva otpornika su serijski povezani. Žicu povezanu za žabicu 3 ostavite slobodnu.

Ukupan otpor serijski povezanih otpornika je:

$$R = R_1 + R_2 \text{ ili}$$

$$R = 56\Omega + 33\Omega \text{ ili}$$

$$R = 89\Omega$$

Ukupan otpor serijski povezanih otpornika je veći od pojedinačnog otpora najvećeg otpornika.

Struja koja teče iz baterije kroz otpornike je, prema Omovom zakonu:

$$U = I \cdot R$$

Ukoliko gore navedenu jednačinu podelimo sa R dobijamo:

$$I = U / R, \text{ iz čega sledi da je:}$$

$$I = 9V / 89\Omega$$

ili otprilike:

$$I = 0,1 \text{ A}$$

Za izračunavanje napona po pojedinačnim otpornicima, ponovo koristimo Omov zakon:

$$U = I \cdot R$$

Označićemo napon po otpornicima R_1 i R_2 sa U_1 i U_2 . Tako sledi da je:

$$U_1 = I \cdot R_1$$

ili

$$U_1 = 0,1 \text{ A} \cdot 56 \Omega$$

$$U_1 = 5,6 \text{ V}$$

Slično tome:

$$U_2 = I \cdot R_2$$

$$U_2 = 0,1 \text{ A} \cdot 33 \Omega$$

$$U_2 = 3,3 \text{ V}$$

Napon baterije je jednaka zbiru napona po otpornicima:

$$U = U_1 + U_2$$

$$U = 5,6 + 3,3$$

$$\text{otprilike:} \quad U = 9 \text{ V.}$$

Slika 9

Odstupanja se mogu ignorisati jer je to rezultat aproksimacije struje koja teče iz baterije kroz otpornike.

Ako imamo dva serijski povezana otpornika, napon će biti veći po onom otporniku koji ima veći otpor. Hajde da proverimo!

Dodirnite žabicu 1, a zatim i žabicu 2 slobodnim krajem žice. Ponovite to nekoliko puta. U prvom slučaju, svetlo će biti jače nego u drugom. To je i razumljivo jer se veći deo ukupnog napona baterije nalazi na prvom otporniku, a manji na drugom.

10. STRUJNO KOLO SA DIODOM KOJA EMITUJE SVETLOST

Ovde imamo strujno kolo sa potenciometrom od 10k Ω , koje je serijski povezano sa otpornikom od 1k Ω . Pazite kako okrećete diodu koja emituje svetlost (LED)!

Za ovaj eksperiment, koristite crvenu LED.

Okrenite potenciometar levo i desno. Intenzitet svetlosti diode će se promeniti.

Okrećite potenciometar sve dok dioda ne svetli potpuno prigušeno. Sada imamo otpornik od 1k Ω i potenciometar od 10k Ω ; ukupan otpor je tako 11k Ω .

Sada okrenite potenciometar do najjače svetlosti diode. Klizač potenciometra će dodirnuti izlaz na potenciometru. Na ovoj poziciji, otpor potenciometra je najniži; možemo slobodno reći da ne postoji. U ovom slučaju, ukupan otpor otpornika i potenciometra je 1k Ω .

Sve što se dešava je potpuno u skladu sa Ohmovim zakonom. Kada se otpor potenciometra uvećava, ukupan otpor svih serijski povezanih elemenata (potenciometar, otpornik, dioda);

Otpor prekidača je zanemarljiv) se takođe uvećava. Tako će struja koja teče iz baterije biti manja i dioda će manje svetleti.

Strujno kolo će takođe raditi bez otpornika 1k Ω , ali moramo biti vrlo pažljivi da nikada

Slika 10

potenciometar ne okrenemo na njegovu nultu vrednost, jer bi na toj poziciji struja koja teče kroz diodu bila isuviše jaka i oštetila bi ga. Da bismo ovo izbegli, u strujno kolo smo uključili otpornik koji je serijski povezan sa potenciometrom, tako da ukupan otpor otpornika i potenciometra nikada ne može biti nula, i dioda je zaštićena od preterano jake struje.

Kod koga strujnog kola više struje teče iz baterije: kod ovog ili kod onog sa sijalicom?

Kod onog sa sijalicom, jer, prema Ohmovom Zakonu, struja istog napona je je jača ako je otpor veći.

$$I = U / R$$

Ukoliko ih ostavimo konektovane duže vreme, koja od njih će duže svetleti, sijalica ili dioda? LED dioda. Sijalici je neophodna jača struja i baterija će se ranije isprazniti. Ovo nemojte proveravati jer ćete morati da kupite novu bateriju za eksperimente koji slede.

11. DA LI JE VAŽNO KAKO SMO KONEKTOVALI LED ANODU?

Zamenite mesta spojevima na LED diodi. Kada pritisnete prekidač, dioda ne svetli. Zašto?

Pokušajte da se prisjetite opisa diode. Električna struja teče kroz diodu samo u jednom pravcu. Ako je LED konektovan za strujno kolo u pogrešnom pravcu, električna struja neće moći da teče i ona neće svetleti.

Uopšte, morate zapamiti koliko je važno kako okrećemo poluprovodnik diode. Ukoliko je dioda pogrešno povezana, strujno kolo neće funkcionisati i postoji mogućnost da takvom napažnjom dioda (ili neki elementi strujnog kola) izgore. Pre povezivanja poluprovodničke diode na elektrino strujno kolo, uvek proverite da li je dioda pravilno okrenuta.

Slika 11

12. STRUJNO KOLO SA DVE LED ANODE OKRENUTE U SUPROTNIM SMEROVIMA

Slika 12

Strujnom kolu iz prethodnog primera dodajte još jednu (zelenu) LED anodu. Povežite je sa strujnim kolom paralelno sa drugom diodom, ali je okrenute na drugu stranu. Pritisnite prekidač. Crvena LED dioda će sijati isto kao i pre. Zelena dioda neće sijati jer je okrenuta tako da struja kroz nju ne može da prolazi. Sada zamenite mesta žicama kojima je baterija povezana. Pritisnite prekidač i zelena dioda će sijati. Pošto su spojevi baterije priključeni, električna struja sada ide u suprotnom smeru. Struja sada prolazi kroz zelenu diodu jer je crvena dioda okrenuta tako da ne može da provodi struju.

13. STRUJNO KOLO SA SIJALICOM I LED ANODOM (1)

Strujno kolo je napravljeno tako da struja može da prolazi kroz svoje dve paralelne grane. Na jednoj grani imamo serijski povezanu sijalicu i običnu diodu, a na drugoj otpornik i LED anodu. Kada pritisnemo prekidač, sijalica i LED anoda će zasvetleti.

Slika 13

14. STRUJNO KOLO SA SIJALICOM I LED ANODOM (2)

Okrenite običnu diodu. Sada će sijati samo LED anoda. Očigledno, struja ne prolazi kroz granu gde je sijalica, jer je dioda okrenuta tako da ne može da provodi električnu struju.

15. STRUJNO KOLO SA SIJALICOM I LED ANODOM (3)

Sada su obična dioda i LED dioda okrenute u suprotnom pravcu. Zamenite mesta žicama koje su povezane za bateriju. Sijalica će svetleti, ali ne i LED anoda. LED anoda je sada okrenuta tako da ne može da provodi električnu struju. U zavisnosti od toga kako je baterija povezana, sijaje LED anoda ili sijalica.

Slika 14

Slika 15

16. PARALELNA KONEKCIJA

Sada imamo dve grane strujnog kola, jedna sa crvenom LED anodom i druga sa zelenom. Proverite polaritet LED anoda!

Ako je strujno kolo pravilno uspostavljeno, LED anode će sijati otplilike istim intenzitetom. Struja teče od pozitivnog pola baterije, deli se na dva dela, jedan deo teče kroz zelenu LED anodu, a drugi kroz crvenu.

Slika 16

17. PROMENA SMERA STRUJNOG KOLA U GRANAMA PARALELNE VEZE

Na strujno kolo dodajte još jednu oprugu. Prekinite vezu jedne grane strujnog kola, i između otpornika od 1 k Ω i crvene LED anode povežite potencijometar od 10 k Ω . Povežite strujno kolo i bateriju. Kada okrenete potencijometar, sjaj crvene diode će se promeniti, dok se sjaj zelene diode neće.

Slika 17.

Električna struja prolazi od pozitivnog pola baterije kroz provodnik od žice. Ovde se, deli na dva dela: jedan deo prolazi kroz otpornik i zelenu LED anodu, a druga teče kroz otpornik, potencijometar i zelenu LED anodu. Otpor grane sa potencijometrom je definitivno veći, tako da kroz nju prolazi manje struje i zelena dioda manje sija.

Struju koja teče iz baterije označite sa I, struju koja teče kroz zelenu diodu sa I_g a ukupan otpor ove grane sa R_g. Ako zatim struju koja teče kroz otpornik, potencijometar i crvenu diodu označimo sa I_r, a ukupan otpor ove grane strujnog kola sa R_r, sledi:

$$I = I_g + I_r$$

Drugim rečima: struja koja teče iz jednog provodnika kroz nekoliko paralelnih grana jednaka je zbiru svih struja koje teku kroz pojedinačne grane strujnog kola. Ovo je Kiršofov zakon o toku struje, Kiršofov prvi zakon.

Za celokupno strujno kolo:

$$I = U / R$$

Ovde, R je ukupni otpor strujnog kola.

Struja koja teče kroz zelenu LED anodu je:

$$I_g = U / R_g$$

R_g je otpor grane sa zelenom diodom.

Struja koja teče kroz crvenu diodu je:

$$I_r = U / R_r$$

R_r je otpor grane sa crvenom diodom.

Prema Prvom Kiršofovom zakonu:

$$I = I_g + I_r$$

ili

$$U / R = U / R_g + U / R_r.$$

Napon baterije je jednak naponu obe grane. Ukoliko jednačinu podelite sa U, još uvek će važiti, ali u drugačijem obliku:

$$1/R = 1/R_g + 1/R_r$$

Ovo znači: recipročna vrednost ukupnog otpora jednog strujnog kola je jednaka zbiru recipročne vrednosti otpora njegovih pojedinačnih paralelnih grana.

Ukoliko uzmemo zajednički imenilac za desnu stranu jednačine i okrenemo jednačinu, dobijamo:

$$R = R_g R_r / (R_g + R_r).$$

Kiršofov zakon opisan pomoću eksperimenta sa vodom: imamo jedno crevo iz kofe na gornjem nivou koje je podeljeno na dva creva. Voda teče iz kofe na gornjem nivou kroz ova dva creva do kofe na donjem nivou. Voda koja teče kroz prvo crevo se deli na dva pojedinačna paralelna creva kroz koja teče dalje.

Kako se voda ne gubi nigde, možemo zaključiti da je količina vode (kao i struje, koja teče kroz gornje crevo jednaka ukupnoj struji koja teče kroz paralelna creva.

Ponekad nemamo otpornik potrebne vrednosti, već imamo jači. Ukoliko imamo dva otpornika čiji je zbir recipročnih vrednosti u stvari potrebna vrednost, ne možemo ih paralelno povezati u strujno kolo. Potreban otpor se može dobiti sa proizvoljnog broja paralelno povezanih otpornika. Naravno, recipročna vrednost ukupnog otpora je jednaka zbiru recipročnih vrednosti svih otpornika u lancu:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \dots$$

R je ekvivalent otpora svih paralelno povezanih otpornika.

$R_1, R_2, R_3 \dots$ su pojedinačne vrednosti otpora otpornika.

Otpor paralelno povezanih otpornika je uvek manji od ukupnog otpora otpornika manjeg otpora.

18. JOŠ JEDAN PRIMER PARALELNOG POVEZIVANJA

Jednačina kojom izračunavamo ukupan otpor dva paralelna otpornika dokazuje da je ukupan otpor dva paralelna otpornika manji od otpora otpornika manje vrednosti.

Ovo možemo demonstrirati sledećim eksperimentom (Slika 18).

Jedan kraj otpornika od 33 Ω nije povezan ni sa čim. Otpornici od 56 Ω i 100 Ω su paralelno povezani. Njihova ukupna vrednost je:

Slika 18.

$$1/R = 1/56 + 1/100$$

$$1/R = 0,0178 + 0,01$$

$$1/R = 0,0278$$

Ako jednačinu pomnožimo sa R, dobijamo

$$1 = 0,0278 \cdot R$$

Ako onda jednačinu podelimo sa 0,0278, dobijamo

$$1/0,0278 = R$$

Ili, otprilike,

$$R = 36\Omega$$

Sada posmatrajte sjaj sijalice. Uklonite žicu sa žabice 1 i povežite je sa osiguračem 2. Struja sada teče kroz otpornik od 33 Ω -resistor.

Kako otpornik od 33 Ω ima skoro isti otpor kao i paralelni otpornici od 56 Ω i 100 Ω , sijalica jednako sija u oba slučaja.

Šta smo ovde naučili može biti veoma zgodno. Ukoliko nemamo određeni otpornik, možemo koristiti dva (ili više) otpornika koji su, umesto njega, povezani paralelno ili serijski.

19. ISTOVREMENA PROMENA SJAJA DVE LED ANODE

Sklopite strujno kolo kao ono na slici 19. Šta se dešava kada okrenete potencijometar? Na delu potencijometra na kome je klizač bliži spoju izlaza, otpor će biti manji a napon niži. Paralelno povezana dioda će na ovom delu strujnog kola slabije sijati.

20. STRUJNO KOLO SA SIJALICOM I LED ANODOM U SERIJI

Sada smo naučili nešto o LED anodi. Kao što joj samo ime govori, ona emituje svetlost kada kroz nju prolazi struja u ispravnom pravcu. To je upravo i ono za šta ih i koristimo. Kada struja teče kroz diodu u ispravnom smeru, dioda treba da svetli.

Struja neophodna da bi dioda sijala je veoma niska, nekoliko miliampera. Ta struja je mnogo manja od one koja je neophodna za sijalicu. Zato i sijalica svetli mnogo blistavije. Ukoliko bi struja koja teče kroz sijalicu tekla kroz diodu, dioda bi izgorela.

Slika 19.

Ovim eksperimentom smo otkrili da je otpornik uvek serijski povezan sa diodom. On ima cilj da ograniči struju koja prolazi kroz diodu.

Slika 20

Kod dole navedenog strujnog kola videćemo da je struja neophodna da bi LED anoda svetlela je isuviše mala za sijalicu. Diodu nikada ne treba povezivati direktno za bateriju, bez serijski povezanog otpornika od 1k Ω . Ukoliko to uradite LED će u trenutku izgoreti!

21. ELEKTRČINI KONDENZATOR KAO IZVOR ELEKTRIČNE STRUJE

Sastavite strujno kolo kao na Slici 21. Pozitivan pol baterije ostavite da bude slobodan. Pritisnite prekidač! Da li će LED sijati?. Ne, jer nije povezan na električnu struju. Otpustite prekidač.

Sada dodirnite pozitivni pol električnog kondenzatora žicom koja ide od pozitivnog pola baterije. U električnom kondenzatoru nema električnog punjenja. On je prazan. Kada ga povežemo sa baterijom, električno punjenje će preći sa baterije na kondenzator. Sada je kondenzator napunjen i može poslužiti kao izvor električne energije.

Sada neka ostane slobodna žica koja ide od pozitivnog pola baterije i pritisnite prekidač. Iako baterija nije povezana, LED će svetliti!

Kako je snaga akumulirana u kondenzatoru ograničena, dioda će svetleti samo kratko. Ako posmatrate diodu videćete da se njena blistavost smanjuje. Električna struja ide od kondenzatora do LED diode. Kažemo da se kondenzator prazni.

Slika 21

22. KOJOM BRZINOM SE KONDENZATOR PRAZNI?

Umesto LED anode i serijski povezanog otpornika, povežite jednu sijalicu. Sijalica će zasvetleti samo na tren.

Ranije smo naučili da je sijalici više struje nego LED anodi.

To znači da sijalica ima manji otpor. Ako više struje teče od kondenzatora, on će se ranije isprazniti. To je razlog zašto sijalica sija kraće od diode.

Slika 22

23. KONDENZATOR SE MOŽE VIŠE PUTA PUNITI I PRAZNITI

Napravite malu izmenu u strujnom kolu. Žicu koja je vezanu sa sijaličnim grlom, ostavite slobodnu na drugom kraju.

Ovim krajem žice naizmenično dodirujte žabicu 1, a zatim i žabicu 2. Posmatrajte šta se događa.

Kada dodirnete žabicu 1, kondenzator se puni. Struja koja teče od baterije do elektrolitičkog kondenzatora takođe prolazi kroz sijalicu. Kada je kondenzator prazan, struja će biti jača i sijalica će svetleti. Kada se kondenzator puni, struja prestaje da teče i sijalica više ne svetli.

Ako žabicu 2 dodirnete slobodnom žicom, struja će teći od pozitivnog pola kondenzatora kroz sijalicu do negativnog pola.

U početku, kada je kondenzator potpuno napunjen, struja će biti jaka.

Kako se kondenzator bude praznio, struja će biti sve slabija i sijalica će svetleti sve slabije i slabije dok se potpuno ne ugasi.

Slika 23

24. NAIZMENIČNA STRUJA TAKODE MOŽE DA TEČE KROZ KONDENZATOR

Kada punimo kondenzator, struja teče u kondenzator; kada ga praznimo, struja teče iz njega. To znači da prilikom punjenja i pražnjenja kondenzatora, struja teče u suprotnim smerovima. Ovo možemo dokazati tako što ćemo strujno kolo sastaviti sa dve LED diode koje su okrenute u suprotnim smerovima i paralelno konektovane.

Drugi kraj žice konektovane za spajalicu 3 ostavimo slobodno. Ovim slobodnim krajem, ponovo naizmenično dodirujte spajalicu 1 i spajalicu 2. Posmatrajte šta se događa. Kao što znate, struja prolazi kroz diodu samo u jednom smeru. Dok se kondenzator puni, struja prolazi kroz crvenu LED anodu; a dok se prazni, struja prolazi kroz zelenu LED diodu.

Tako, crvena dioda će svetleti kada se kondenzator puni, a zelena kada se prazni.

Takođe smo naučili da struja u kondenzator više ne ulazi jednom kada je napunjen. Kondenzator tada zaustavlja tok direktne struje.

Dok se kondenzator puni i prazni, struja naizmenično teče ka i iz kondenzatora. Ako struja u jednom trenutku teče u jednom smeru a zatim u suprotnom kroz neki element, kažemo da kroz njega prolazi naizmenična struja. Ovaj eksperiment je dokazao da naizmenična struja može da prolazi kroz kondenzator.

Kondenzator od 1000 μF zamenite kondenzatorom od 100 μF one. LED anoda će sada svetleti kraće vreme. Manje električnog punjenja može da ide u kondenzator manjeg kapaciteta, i stoga će dioda svetleti kraće vreme.

Slika 24

25. PARALELNO POVEZIVANJE DVA KONDENZATORA

U ovom eksperimentu imamo dva paralelno povezana kondenzatora. . Kako se ponašaju dva paralelno povezana kondenzatora?

Setite se odnosa između punjenja kondenzatora i napona u tačkama kontakta:

$$C = Q/U$$

Kod napunjenog kondenzatora koji ima kapacitet C i napon U na tačkama kontakta, punjenje će biti

$$Q = C \cdot U$$

Ako imamo dva paralelno povezana kondenzatora, punjenje koje do njih dolazi putem jedne žice, će se deliti između dva kondenzatora:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

Slika 25.

Gde su Q_1 i Q_2 punjenja prvog i drugog kondenzatora.

Ako su njihovi kapaciteti označeni sa C_1 i C_2 a njihov ukupan kapacitet sa C , gornja jednačina se može napisati i kao:

$$C \cdot U = C_1 \cdot U_1 + C_2 \cdot U_2$$

Napon po spojevima oba kondenzatora je jednak, $U = U_1 = U_2$. Jednačinu možemo i ovako napisati:

$$C \cdot U = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U$$

Ako obe strane jednačine podelimo sa U , dobijamo formulu ukupnog kapaciteta dva paralelno povezana kondenzatora:

$$C = C_1 + C_2.$$

U našem slučaju, ukupan kapacitet dva kondenzatora je 200 μF . Indikacija za to će biti diode koje će svetleti duže nego u slučaju kada je samo jedan kondenzator od 100 μF bio povezan na strujno kolo.

Isto kao što menjamo otpor paralelnim povezivanjem otpornika, isto tako možemo izmeniti kapacitet paralelnim povezivanjem dva ili više kondenzatora.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \dots$$

C je kapacitet svih paralelno povezanih kondenzatora, a koji je ekvivalentan pojedinačnom kondenzatoru tog kapaciteta. Kapacitet nekoliko paralelno povezanih kondenzatora je uvek veći od kapaciteta kondenzatora najmanjeg kapaciteta.

26. SERIJSKO POVEZIVANJE KONDENZATORA

Hajde da strujno kolo izmenimo tako što ćemo serijski povezati kondenzatore. Ako slobodnom žicom dotaknete jednu pa drugu žabicu, videćete da LED svetli mnogo kraće nego u prethodnom eksperimentu.

Ovo ukazuje da je ekvivalent kapaciteta serijski povezanih kondenzatora manji od paralelno povezanih kondenzatora.

Kada električna struja teče u kondenzator, on se puni. Napon na kontaktima oba kondenzatora će biti jednako podeljena između njih:

$$U = U_1 + U_2.$$

Ako je substitutivni kapacitet dva serijski povezana kondenzatora

$$C = Q/U,$$

a napon na kontaktima ovog kondenzatora

$$U = Q/C,$$

sledi da:

$$Q/C = Q_1/C_1 + Q_2/C_2,$$

Gde su Q_1 i Q_2 punjenja prvog i drugog kondenzatora, a C_1 i C_2 predstavljaju njihove kapacitete.

Punjenje koje je došlo do prvog kondenzatora je jednako struji koju emituje drugi kondenzator. To je razumljivo jer ne postoji žica koja povezuje dva kondenzatora koja bi usmeravala struju unutra ili van.

Stoga:

$$Q = Q_1 = Q_2$$

Ako ovu jednačinu podelimo sa Q , dobijamo:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2,$$

Koja kaže da je recipročna vrednost ekvivalenta kapaciteta dva serijski povezana kondenzatora jednaka zbiru njihovih recipročnih vrednosti.

Slika 26

Kao što smo uradili kod paralelno povezanih otpornika, istu jednačinu možemo napisati na drugi način. Naćićemo zajednički imenilac za desnu stranu jednačine i prebacimo je na drugu stranu. Dobićemo:

$$C = C_1 C_2 (C_1 + C_2),$$

U našem eksperimentu, koristili smo dva serijski povezana kondenzatora od 100 μF .

Njihov ukupni kapacitet će biti 50 μF .

Isto kao što se i željeni otpor može dobiti paralelnim povezivanjem dva ili više otpornika, željeni kapacitet se može izvesti iz dva ili više serijski povezanih kondenzatora.

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \dots$$

C je ekvivalent kapaciteta svih kondenzatora. C_1 , C_2 , C_3 ... su kapaciteti pojedinačnih serijski povezanih kondenzatora.

Ukupan kapacitet serijski povezanih kondenzatora je uvek manji od kapaciteta kondenzatora najmanjeg kapaciteta.

27. ELEKTROMAGNET

Ako pustimo da električna struja teče kroz kalem žice, taj kalem će se ponašati kao magnet. Ovo se može dokazati jednostavnim eksperimentom.

Slika 27

Sastavite jednostavno strujno kolo kod koga su baterija, prekidač i kalem serijski povezani. Kada je prekidač na poziciji on, struja će teći kroz kalem. Izgledaće kao da se ništa ne dešava. Prekidač stavite na poziciju off. Ubacite metalni ekser u kalem tako da jedan njegov deo viri. Pritisnite prekidač. Ekser će istog trenutka biti uvučen u kalem i tamo će ostati.

Uradite još jedan eksperiment. Magnet zavežite za kanap i držite ga tako da visi iznad kalema. Pritisnite prekidač. Magnet će se kretati prema longitudinalnoj osi kalema kroz koju teče struja. Zapamtite kako je magnet bio okrenut. Sada zamenite mesta žica za povezivanje kalema. Pritisnite prekidač. Kalem će se opet ponašati kao magnet, osim što će se magnet na kanapu okrenuti u suprotnom pravcu. Ako promenimo smer struje koja teče kroz kalem, kalem će se ponašati kao magnet okrenut u drugom smeru. Ekser i magnet će se slično ponašati ako ih stavimo jedan blizu drugog. Naš eksperiment ukazuje na to da se kalem kroz koji prolazi električna struja ponaša kao magnet. Magnet napravljen od kalema kroz koji je provedena električna struja se naziva elektromagnet.

28. HERMETIČKI RID PREKIDAČ

Na parče papira stavite dve žabice na maloj udaljenosti jedna od druge. Podignite papir a drugom rukom držite magnet vertikalno ispod papira. Opruge će postati magnetizovane i obe će se ponašati kao mali magneti. Magneti se ili privlače ili odbijaju. Žabice se mogu tako postaviti da se međusobno privlače.

Slika 28

Zamislite da smo obe spajalice povezali na strujno kolo tako da će se strujno kolo zatvoriti kada se one dotaknu. Strujno kolo će raditi kada magnet stavimo neposredno ispod papira a da žabice budu blago razdvojene.

Rid prekidač radi po istom principu. Dva fleksibilna metalna reeds su smeštena jedan blizu drugog u u hermetičku staklenu cev. Kada su reedovi magnetisani, međusobno se privlače i stvaraju kontakt. Kada prestanu da budu magnetisani, razdvoje se usled fleksibilnosti.

Kako magnetišemo reeds? Ako to činimo sa magnetom, dobijamo prekidač koji se može okrenuti na pozicije on i off približavanjem ili udaljavanjem magnetu. Ova situacija je prikazana na slici 28. Kada se magnet dovede blizu reed prekidača, the reeds će se magnetisati i struja će teći kroz sijalicu čime će ona svetleti.

29. RELEJ

Neposredno pored kraja elektromagneta možemo staviti tanku metalnu ploču kako bi se električni prekidač uključio kada je elektro magnet privuče. Takav elektromagnetski prekidač se naziva relej.

Slika 29

Takođe možemo upotrebiti elektromagnet da bi magnetisali reed prekidač. Ovo će takođe biti relej.

Relej možete napraviti od rid prekidača i kalema. To se naziva rid relej.

Gurnite reed prekidač u kalem. The reed prekidač će biti prekidač kojim se uključuje sijalica. Kada je prekidač strujnog kola na poziciji on, metalne ploče reed prekidača stvaraju kontakt, strujno kolo će se zatvoriti, struja će prolaziti kroz sijalicu i ona će svetleti.

30. ZVUČNIK

Kako zvuk putuje kroz vazduh? Zvučni talasi se šire vazдушnim delovima veće ili manje gustine, longitudinalno u pravcu u kome zvuk putuje. Kako možemo pokrenuti zvučni talas? Da bismo to saznali, moramo imati predmet koji će vibrirati napred-nazad i prouzrokovati vazdušne sekvence manje ili veće gustine. Ako kucnete u prozor, vibriraće. Stakleno okno koje vibrira prouzrokovati će oblasti različitog vazdušnog pritiska oko samog okna, što će se onda raširiti. Kako se to dešava na obe strane okna, zvuk će se čuti na obe strane prozora.

U elektrotehnici, koristimo zvučnike za proizvodnju zvunih talasa. Šta je tačno zvučnik?

Setite se eksperimenta sa kalemom i magnetom. Otkrili smo da se kalem kroz koji prolazi električna struja ponaša kao magnet. Kod zvučnika, magnet je u njegovom kućištu. Kalem fiksiran za papirnu membranu je postavljen u žleb magneta. Kada struja teče kroz kalem, papirna membrana će biti uvučena ili izbačena iz žleba magneta. Usled toga membrana će se kretati napred-nazad. Ukoliko se to dovoljno često ponovi čućemo zvuk.

Kod ovog strujnog kola, otpornik od 100 oma je serijski povezan za zvučnik. Kada otpornik ne bi postojao nežno kolo u spikeru bi izgorelo. Pritisnite prekidač. Čućete lagano krckanje. Ponovite ovo nekoliko puta i posmatrajte membranu. Primetićete da se membrana pomera unutra i van. Kada pritisnete prekidač, membrana se pomera u zvučnik. Zamenite mesta žicama koje povezuju i membrana će biti izbačena. Sve ovo morate posmatrati veoma pažljivo jer su ovi pokreti veoma lagani, nisu veći od dela milimetra.

Zašto kalem skače unutra-napolje? Naučili smo da se kalem kroz koji prolazi električna struja ponaša kao magnet. Sada znamo da magnet ima dva različita pola. Takođe znamo da se isti polovi odbijaju, a suprotni privlače. Ako izmenimo smer struje u kalem, polovi magneta koji ona stvara se takođe menjaju. To je razlog zašto se membrana jednom uvlači u speakerfon (kada se kalem i magnet privlače) a zatim izbacuje napolje (kada se kalem i magnet odbijaju).

Stoga, ako želimo da čujemo zvuk sa speakerfona, moraćemo da pustimo struju različitih kvantiteta kroz kalem. U ovom slučaju, membrana će se kretati napred-nazad i mi ćemo čuti zvuk.

Slika 30

31. TRANZISTOR

Da li ste dobro proučili opis tranzistora? Ako jeste, onda ćete vrlo lako razumeti sledeće eksperimente.

Kod ovog strujnog kola imamo sijalicu i tranzistor koji su paralelno povezani. Pazite kako povezuјete kontaktne tačke tranzistora! Kada tranzistor povezuјete na strujno kolo, morate paziti da izlazima ne zamenite mesta! Ako to uradite, strujno kolo neće raditi, ili ako baš nemate sreće, tranzistor će biti uporpašten.

U kompletu imate BC548 tranzistor. Ako ga držite tako da su žice za povezivanje usmerene na dole i da ravna strana sa tehničkim potatcima u vrsti tranzistora stoji okrenuta ka vama, odašiljač će vam biti sa desne strane, baza u sredini, a kolektor sa leve strane. Raspored žica za kontakt nije isti kod svih tranzistora. Raspored iz ovog primera je veoma čest, ali nije obavezno pravilo. Raspored izlaza zavisi od proizvođača i vrste tranzistora. Ukoliko imate tranzistor za čiji raspored izlaza ne znate, pogledajte priručnik. Ako ne možete da pronađete opis, moraćete sami da pronađete pravilan raspored izlaza.

Kako se to radi prikazano je kasnije u ovoj knjizi.

Slika 31

Hajde da se vratimo našem strujnom kolu. Da li će sijalica svetleti? Naravno da neće. Baza tranzistora nije povezana ni sa čime, tako da struja ne stiže do baze. Tranzistor je zatvoren. Možemo reći da je kod zatvorenog tranzistora, otpor između odašiljača i kolektora veoma veliki.

32. ŠTA SE DOGAĐA AKO TRANZISTOR OKRENEMO?

Izmenite strujno kolo tak što ćete odašiljač i kolektor povezati tako što oni zamene svoja mesta. Ako pažljivo pogledate, videćete da vlakno sijalice lagano svetli. Kako tranzistor nema odašiljač koji je povezan sa negativnim polom i kolektor povezan sa pozitivnim, on se ne ponaša onako kako bi trebalo.

Slika 32

33. TRANZISTOR KAO PREKIDAČ

Na označenom mestu na otporniku, povežite jednu žicu tako da je jedan njen kraj slobodan. Zašto?

Struja je ne dolazi do baze tranzistora i tranzistor je zatvoren! Šta treba uraditi da bi struja tekla kroz tranzistor? Strujno kolo treba da bude takvo da malo struje teče do baze. Slobodan kraj žice povežite za žabicu koja je konektovana za pozitivan pol baterije. Struja će prolaziti kroz otpornik do baze, tranzistor će biti otvoren i sijalica će svetleti. Kod ovog strujnog kola, tranzistor smo koristili kao prekidač. Prekidač radi na struju koja teče do baze: kada struja ulazi u bazu, tranzistor će biti otvoren, struja će prolaziti kroz njega, i sijalica će svetleti. Kada struja ne ulazi u bazu, tranzistor će biti zatvoren, električna struja kroz njega neće prolaziti i sijalica neće svetleti. Ukratko, tranzistor prekidač radi na struju koja teče do baze. Ova struja je mnogo manja od struje koja prolazi kroz tranzistor, čime prekidač postaje veoma efikasan.

Slika 33

Šta će se dogoditi ako slobodan kraj žice povežemo za negativan pol baterije? Najpre pokušajte to da zamislite, a onda izvesti test. Sijalica neće svetleti jer struja ne teče u bazu i tranzistor je zatvoren.

Otvoreni tranzistor ima veoma mali otpor a i napon između kolektora i odašiljača će biti veoma mali, ne viši od jedne desetine volta. Zbog toga, otvoreni tranzistor nikada ne treba direktno povezivati za pozitivne i negativne polove baterije. Struja koja kroz njega teče bi bila isuviše jaka i uništila bi tranzistor.

34. NEPRAVILNO OKRENUTI TRANZISTOR

Sada okrenite tranzistor na pogrešnu stranu. Zamenite mesta izlazima odašiljača i kolektora.

Kada slobodna žica nije ni sa čim povezana, sijalica lagano svetli. Ako pozitivan pol baterije dotaknemo slobodnim krajem žice, sijalica će jasnije svetleti ali ne i potpuno. Tranzistor koji je na taj način povezan, u stvari nije pravilno povezan!

Ukoliko želimo da koristimo svojstva tranzistora BC548, kolektor treba uvek da bude konektovan za pozitivan a odašiljač za negativan pol. Malo struje koja teče ka bazi će otvoriti tranzistor.

Slika 34

Tranzistori kod kojih je odašiljač pravilno povezan za negativan, a kolektor za pozitivan pol se nazivaju NPN transistori. Tranzistor BC548 je NPN tranzistor. Neki tranzistori moraju biti konektovani tako da je odašiljač povezan za pozitivan a kolektor za negativan pol. Oni se nazivaju PNP tranzistori. U ovom kompletu nema ni jednog PNP tranzistora.

35. KAKO SE TRANZISTOR PONAŠA AKO POSMATRAMO SAMO BAZU I ODAŠILJAČ?

Sijalici je potrebna mnogo jača struja da bi sijala nego što je LED anodi. Ako više struje ističe iz baterije, ona će se pre isprazniti, a mi možemo takode posmatrati LED anodu da bi videli funkcionisanje tranzistora. U stvari, možemo koristiti LED anodu umesto sijalice u svim našim eksperimentima, imajući u vidu da dioda ne svetli ako je okrenuta u pogrešnom pravcu!

Otpornik od 1 k Ω serijski povezan za diodu će osigurati da isuviše jaka struja ne teče kroz diodu.

Već smo rekli da je tranzistor BC548 iz našeg kompleta NPN tranzistor.

To znači da za normalno funkcionisanje odašiljač treba povezati za negativan pol. Ukoliko hocemo da električna struja teče do baze (a odatle do odašiljača), baza treba da bude povezana za pozitivan pol, pol odašiljača. Tranzistor povežite na način koji je prikazan na dijagramu. LED anoda će svetlati. To znači da struja teče od baze ka odašiljaču.

Slika 35

36. KOD TRANZISTORA, PRAVAC BAZA – ODAŠILJAČ SE PONAŠA KAO DIODA

Sada zamenite mesta kontaktnim tačkama baze i odašiljača na tranzistoru. LED anoda neće svetleti. To znači da struja ne može da teče kroz tranzistor u pravcu od odašiljača do baze. Drugim rečima, pravac baza-odašiljač kod tranzistora se ponaša kao dioda. Kod NPN tranzistora, ova dioda je okrenuta od baze prema odašiljaču.

37. KAKO SE TRANZISTOR PONAŠA AKO POSMATRAMO SAMO BAZU I KOLEKTOR?

Tranzistor povežite tako da je kolektor povezan sa negativnim polom baterije, baza povezana preko LED anode, dok su otpornik i prekidač povezani za pozitivan pol. Odašiljač ostaje slobodan (nije povezan ni za šta).

Slika 36

Kada pritisnete prekidač, LED anoda će svetleti.

To znači da kod našeg tranzistora, struja može da teče od baze prema kolektoru.

Slika 37

38. KOD TRANZISTORA PRAVAC BAZA -- KOLEKTOR SE PONAŠA KAO DIODA

Sada zamenite mesta baze i kolektora na spojevima tranzistora. Dioda neće svetleti. To znači da struja ne može da teče od kolektora ka bazi. Drugim rečima, na pravcu baza – kolektor, tranzistor se ponaša kao dioda. Kod NPN tranzistora, dioda stoji okrenuta od baze ka kolektoru.

Slika 38

39. STRUJNO KOLO ZA TESTIRANJE TRANZISTORA

Iz svega što smo do sada videli, možemo zaključiti kako bi trebalo da funkcioniše tranzistor koji radi. Ako sumnjamo u tranzistor, lako možemo sastaviti strujno kolo kojim će se testirati svojstva tranzistora. Najjednostavniji je tranzistor prekidač.

Dijagram strujnog kola pokazuje kako treba povezati tranzistor da bi se izveo test. Kada je baterija povezana, LED anoda neće svetleti. To je zbog toga što struja ne teče kroz bazu i tranzistor je zatvoren. Kada pritisnete prekidač, struja će teći kroz bazu i tranzistor će se otvoriti. LED anoda će svetleti.

Kod tranzistora koji funkcioniše, dioda neće svetleti kada je prekidač na off poziciji, dok će svetleti kada je na poziciji on. Ukoliko dioda podjednako ili svetli ili ne svetli na obe pozicije prekidača, tranzistor je oštećen. Strujno kolo se veoma lako sastavlja, i možete ga koristiti svaki put kada sumnjate da strujno kolo ne radi usled kvara na tranzistoru.

Slika 39

40. KAKO ODREDITI RASPORED KONTAKTNIH TAČAKA NA TRANZISTORU

Sada kada imate neko znanje o tome kako tranzistor funkcioniše, sami možete otkriti raspored kontaktnih tačaka na nepoznatom tranzistoru.

Potrebna vam je baterija, otpornik i LED anoda.

a) Najpre proverite da li je LED anoda pravilno povezana.

b) Prvi korak je odrediti vrstu tranzistora i poziciju baze.

Slika 40 a)

Slika 40 b)

Znamo da se pravci baza – odašiljač i baza – kolektor ponašaju kao diode. Kod ovih "dioda", anode (u slučaju NPN tranzistora) predstavljaju baze. Mi ćemo tako pronaći bazu tranzistora kao da je bila anoda dve diode: odašiljača i kolektora.

Sada: povežite jedan od izlaza nepoznatog tranzistora za žabicu 1; Slobodnom žicom sa žabice 2 dotaknite najpre prvi pa drugi izlaz tranzistora. Posmatrajte kada će LED zasvetleti. Potom promenite izlaz tranzistora na osiguraču 1 i ponovite test. Ponovite ovo za sva tri izlaza tranzistora.

c) Ako ste pronašli jedinstvenu poziciju na kojoj dioda sija pošto ste jedan od dva slobodna izlaza tranzistora povezali sa strujnim kolom, pronašli ste bazu i vaš tranzistor je NPN tranzistor. Zapamtite poziciju tranzistora. Izlaz koji je povezan za žabica 1 je baza.

d) Ako LED anoda ne sija bez obzira na nain povezivanja tranzistor, ili ako sija u svakom slučaju, tranzistor je svakako oštećen.

e) Ako na nekim pozicijama LED anoda sija samo kada je jedan od slobodnih izlaza tranzistora povezan za strujno kolo, to ne mora obavezno značiti da je tranzistor pokvaren. Najpre proverite da nije u pitanju tranzistor tipa PNP. Da biste to uradili pogledajte pod g) eksperimenta 41.

f) Sada moramo da odredimo koji od druga dva izlaza predstavlja odašiljač a koji kolektor. U našem sluaju, strujno kolo koristimo za testiranje tranzistora. Tranzistor testirajte tako što ćete uzeti prvi a onda i drugi izlaz kao kolektor. Prirodno, baza mora biti pravilno povezana. Ako je strujno kolo ispravno sklopljeno, tranzistor će raditi.

Razlika u svetlosti LED anoda kada je prekidač na poziciji on i off će biti izraženija. Ako tranzistor ne funkcioniše kao prekidač, oštećen je.

41. TESTIRAJTE STRUJNO KOLO ZA PNP TRANZISTORE

g) Proverite da li je tranzistor PNP tip. Kod ove vrste tranzistora, struja je suprotna onoj kod NPN tranzistora. To znači da odašiljač mora biti povezan za pozitivan pol, a kolektor za negativan pol baterije. Baza se takođe mora napajati sa negativnog pola baterije.

Kod PNP tranzistora, pravci baza – kolektor i baza – odašiljač se ponašaju kao diode sa zajedničkom katodom u bazi. Povežite jedan od izlaza tranzistora za žabicu 2, a slobodnu žicu za osigurač 1. Ponovite proces opisan pod b). Imajte u vidu da tražite diode sa zajedničkom katodom.

Ako pronađete poziciju na kojoj će LED anoda svetleti pošto je bilo koji od preostalih izlaza tranzistora povezan za osigurač 1, a izlaz povezan za osigurač 2 je baza. Proverite da se isto to ne dešava u nekoj drugoj poziciji. Ako LED anoda ne svetli u bilo kojoj poziciji, ili svetli u svim pozicijama, tranzistor je oštećen.

Slika 41

h) Pošto ste pronašli bazu PNP tranzistora, sklopite strujno kolo za testiranje da bi ste proverili da tranzistor funkcioniše kao prekidač. Na dijagramu strujnog kola, videćete da su baterija i LED anoda u suprotnom pravcu od baterije i LED anode u strujnom kolu za testiranje NPN tranzistora.

i) Odredite odašiljač i kolektor. Za njih možete izvesti zaključke na isti način kao što ste uradili za NPN tranzistore. Povežite tranzistor i vidite hoće li funkcionisati kao prekidač.

Tranzistor okrenut u suprotnom pravcu neće funkcionisati tako dobro kao prekidač, ili neće funkcionisati uopšte.

Ako ne možete da pronađete bazu tranzistora (anoda zajednička za odašiljač i kolektor kod NPN tranzistora, i katoda zajednika za odašiljač i kolektor kod PNP tranzistora), ili ako tranzistor ne funkcioniše kao prekidač, onda je pokvaren.

Već smo rekli da u ovom kompletu nema PNP tranzistora. Ipak, ovaj postupak će vam se pokazati veoma korisnim kada budete naišli na potpuno nepoznati tranzistor.

42. STRUJA KOJA PROLAZI KROZ BAZU MOŽE BITI USMERENA KROZ OTPORNIK KOLEKTORA

Sada se prisetite dijagrama strujnog kola za tranzistor kao prekidač. Struja je usmerena ka bazi tranzistora kroz otpornik, čiji je jedan kraj povezan za pozitivan pol baterije a drugi kraj za bazu. Ovo nije jedini način za usmeravanje struje prema bazi tranzistora, čime će se otvoriti tranzistor.

Na slici 42 je prikazano strujno kolo kod koga struja koja teče ka bazi tranzistora takođe teče kroz granu strujnog kola između kolektora i pozitivnog pola baterije.

Slika 42

Sklopite strujno kolo kao što je prikazano na slici 42. Kada stisnete prekidač, LED anoda će svetleti. To znači da tranzistor funkcioniše kao prekidač.

43. STRUJA KOJA TEČE U BAZU SE MOŽE USMERITI SA RAZDELNIKA NAPONA

Slika 43 prikazuje još jednu mogućnost za napajanje baze tranzistora električnom strujom.

Dva otpornika se koriste kao prenosnici napona. Odnos između otpora ova dva otpornika određuje struju koja teče do baze tranzistora.

Sva tri ovde prikazana metoda napajanja tranzistora strujom imaju iste efekte na tranzistor, omogućavaju da struja teče do baze i da je tranzistor otvoren. Koji metod napajanja baze ćemo koristiti zavisi od toga kako želimo da koristimo tranzistor.

Slika 43

44. SERIJSKO POVEZIVANJE DVA PREKIDAČA TRANZISTORA

Sada znamo da se tranzistor može koristiti kao prekidač. Usmeravanjem male količine struje kroz bazu, možemo prouzrokovati da kroz tranzistor teče više struje.

Slika 44

Jednim tranzistorom prekidačem možemo kontrolisati drugi tranzistor prekidač. Ovakav primer je dat na slici 44 gde između kolektora i pozitivnog pola baterije stoje otpornik i jedna LED anoda.

LED anoda će signalizirati da li je tranzistor otvoren ili zatvoren kao prekidač. Ako je tranzistor otvoren, struja kroz njega neće prolaziti i LED anoda neće sijati.

Ako bateriju povežemo za strujno kolo, zelena LED anoda neće sijati. Zašto? Prekidač nije na poziciji on. Struja ne teče do baze prvog tranzistor i on je zatvoren. Kako kroz njega ne prolazi struja, možemo smatrati i da ne postoji. Struja će teći do baze drugog tranzistora kroz crvenu LED anodu i otpornik od 100 k Ω .

Kako imamo otpornik od 100 k Ω , struja će biti isuviše mala da bi crvena LED anoda sijala, ali će biti dovoljno jaka da otvori drugi tranzistor i pusti da struja teče kroz njega, usled čega će zelena dioda sijati.

Pritisnite prekidač. Sada će struja teći do baze prvog tranzistora, čime će se isti otvoriti. Kroz njega će onda teći više struje, usled čega će crvena LED anoda zasijati.

Desni otpornik i desna dioda čine razdelnik napona. Baza levog tranzistora se puni kroz taj razdelnik napona. Otvoreni tranzistor je veoma mali otpornik. Ovaj otpor je tako mali da je i njegov napon veoma mali. Struja koja teče do baze levog tranzistora će stoga takode biti mala. Zbog toga će levi tranzistor biti zatvoren i zelena LED anoda neće sijati.

45. TRANZISTOR KAO PODESIVI OTPORNIK

Strujno kolo sastavite kao što je prikazano na slici 45.

Da li će svetlo koje sijalica emituje biti dovoljno jasno, zavisi od pozicije klizača na potencijometru. Ako je klizač bliži pozitivnom polu baterije, sijalica će jasnije svetleti, a ako je bliži negativnom polu baterije, sijalica će manje jasno. Ako pomerite klizač, intenzitet će varirati.

Kako funkcionise strujno kolo?

Slika 45

Kada je klizač bliži izlazu potencijometra koji je povezan sa pozitivnim polom baterije, više struje će teći do baze. Ako pomerimo klizač, potencijometar postaje razdelnik napona.

Otpornik kroz koji struja teče do baze je konektovan na napon ovog razdelnika. Ako je napon na prenosniku veći, više struje će teći do baze tranzistora.

Kada je struja koja teče do baze tranzistora veća, sijalica će jasnije svetleti. U ovom slučaju, više struje teče kroz sijalicu (a takode kroz tranzistor). Kako je sijalica takva kakva je, očigledno je da se svojstva tranzistora menjaju u smislu da se on ponaša kao podesivi otpornik, čiji otpor zavisi od struje koja teče do njegove baze.

Zamislite da okrećete potencijometar na obe strane. To će prouzrokovati da napon na klizaču potencijometra varira: jednom će biti viši, a kasije niži.

Viši napon će poslati jaču (više) struju do baze tranzistora, i tranzistor će biti otvoreniji. Napon koji varira a usmeren je ka bazi tranzistora od potencijometra možemo dobiti iz bilo kog drugog izvora. Tranzistor će pojačati ovaj napon. Možemo reći da je tranzistor koji se koristi kao podesivi otpornik u stvari pojačivač.

46. SERIJSKO STRUJNO KOLO DVA POJAČIVAČA TRANZISTORA

Isto kao što smo mogli da kontrolisemo jedan tranzistor prekidač drugim, možemo izlaz jednog pojačivača povezati sa ulazom drugog, čime ćemo pojačati tako mali napon nekoliko puta.

Kod strujnog kola koje smo videli, imamo dva pojačivača tranzistora serijski povezana. LED anode služe kao indikatori koji pokazuju kako se otpor tranzistora menja.

Hajde da pretpostavimo da je klizač potencijometra na takvoj poziciji da je njegov napon jednak nuli. Struja do baze tranzistora će takode biti nula, a tranzistor će biti zatvoren.

U prethodnom slučaju, crvena dioda nije svetlela, ali zelena jeste. Suprotno će se dogoditi ako je klizač potencijometra na poziciji gde je struja do baze najjača. Crvena dioda će svetleti, a zelena neće. Šta je sa ostalim pozicijama potencijometra. Isprobajte ih.

Kako budete okretali potencijometar, crvena dioda će svetleti jasnije, a zelena prigušenije.

Slika 46

Ukoliko ga okrenete u suprotnom smeru, crvena dioda će manje svetleti, a zelena više.

Ovaj eksperiment pokazuje kako se izlazni signal pojačivača jednog tranzistora može koristiti za kontrolu drugog. Kontrolisali smo svetlo LED anoda. Kod drugog tranzistora gde je napon doveden sa drugog tranzistora pojačan, možemo povezati neki drugi element umesto LED anode, element kome treba više snage da bi funkcionisao, npr. sijalicu ili kalem releja.

47. SLOJ GRAFITA IZ OLOVKE NA PARČETU PAPIRA TAKODE MOŽE DA SE PONAŠA KAO OTPORNIK

U uvodnom delu, spomenuli smo da je otpornik obično napravljen od keramičkog tela koje je prevučeno otpornim slojem. Taj sloj takode može biti grafit.

U svakodnevnom životu, prilično često dolazimo u dodir sa grafitom. Grafit možemo naći u običnoj olovci: srce je od grafita. Kako to možemo dokazati? Napravite svoj sopstveni otpornik.

Uzmite parče papira i nacrtajte široku debelu liniju. Presavijte papir tako da linija leži na mestu gde je presavijen. Na oba kraja ubacite žabicu kroz koju ste provukli konektivnu žicu. Sada imate otpornik sa izlaznim žicama.

Slika 47

Kako možete da proverite da li je to zaista otpornik? Ubacite ga u strujno kolo koje je dole prikazano. Kroz ovaj otpornik, struja će teći od pozitivnog pola baterije do baze tranzistora. Tranzistor će se otvoriti i dioda će svetleti.

48. SLOJ GRAFITA IZ OLOVKE NA PARČETU PAPIRA TAKODE MOŽE DA SE PONAŠA KAO POTENCIOMETAR

Već smo spomenuli da je potencijometar u stvari otpornik kod koga se klizač kreće. Od gore opisanog otpornika pokušajte da napravite potencijometar.

Za ovaj eksperiment koristite otpornik napravljen za prethodni eksperiment. Upotrebite žabicu na koju je dodata žica i ona služi kao klizač. Držite osigurač i gurajte ga gore – dole po grafitnom sloju papira. Posmatrajte kako se menja blistavost diode. Setite se eksperimenta gde je tranzistor korišćen kao podesivi otpornik. Ovde imamo skoro isto strujno kolo, osim što je korišćen potencijometar napravljen kod kuće umesto onog koji je fabrički proizveden.

Slika 48

49. ELEKTRONSKA ZAŠTITA

Sada kada smo naučili o funkcionisanju strujnog kola sa tranzistorima, tranzistore možemo koristiti na različite načine. Vrsta strujnog kola koja se može napraviti uz korišćenje tranzistora zavisi od mašte stvaraoca.

Sledeći eksperiment pokazuje tranzistor u strujnom kolu koji će usled prekida veze poslati signal. Takvo strujno kolo može, na primer, da se koristi za signalizaciju neželjenog otvaranja nekih vrata. U ovom strujnom kolu, tranzistor će se koristiti kao prekidač.

Slika 49

Između žabica 1 i 2 je žica koja proizvodi kratko strujno kolo između baze i odašiljača. Kako struja ne teče do baze, ovaj tranzistor je zatvoren. Struja koja teče od pozitivnog pola baterije kroz otpornik od 100 k Ω , teče direktno do negativnog pola baterije.

Ukoliko uklonite žicu koja stoji između žabica 1 i 2, struja će teći do baze tranzistora i tranzistor će se otvoriti. LED anoda će tada svetleti. Tako se opisano strujno kolo može koristiti za otkrivanje ne postojanja veze u električnom strujnom kolu. Jedna od mogućih namena je da služi kao elektronska zaštita. Žica između žabica 1 i 2 može biti bilo koje dužine. Smestite spravu tamo gde želite da postoji zaštita tako da se strujno kolo može lako prekinuti. Dijagram koji sledi pokazuje primer zaštite koja se može koristiti za signalizaciju da su vrata otvorena.

Rajsnedlom fiksirajte spajalicu na vrata i dovratak na onoj strani na kojoj se vrata otvaraju. Dve spajalice konektujte za žabice 1 i 2 na tabli sa strujnim kolom. Komad žice umetnite između spajalica, vodeći računa da je skinuta izolacija žice na mestima kontakta. Ako je to pravilno izvedeno, LED anoda neće svetleti. Zbog žice koja se nalazi između žabica 1 i 2 strujno kolo između baze i odašiljača je isuviše kratko, i struja neće teći do baze.

Ako neko otvori vrat, žica će ispasti iz spajalica i konekcija između žabica 1 i 2 će biti prekinuta. Sada će struja teći od pozitivnog pola baterije kroz otpornik do baze tranzistora. Tranzistor će se otvoriti i dioda će svetleti.

Možemo odabrati mnogo takvih mesta koje želimo da zaštitimo. Zatim možemo serijski povezati sva takva mesta (npr. sva vrata i prozore, vrata plakara, itd.) i dovesti žice do strujnog kola. Problem u ovom slučaju je da kada dobijemo signal alarma ne znamo mesto na kome je zaštita ugrožena. Ukoliko želimo da dobijemo i ovaj podatak, moraćemo da napravimo odvojeno strujno kolo za svaku poziciju zaštite. Ako su sva strujna kola na istom mestu, za sve njih možemo koristiti jednu bateriju.

50. SIGNAL ZA VISOK NIVO TEČNOSTI

Najveći broj tečnih jedinjenja provodi elektrinu struju. Ne preterano dobro, ali je otpor tečnosti dovoljno mali čime se omogućava dovoljna količina struje za kontrolu tranzistora.

U našem kompletu naćičete senzor vlage. To je jedan tanjir sa dva provodnika koji se nalaze na pristojnoj udaljenosti. Električna struja ne može da teče preko zazora između provodnika.

Ukoliko provodljiva tečnost stigne između ta dva provodnika otpor senzora će opadati. Ovo svojstvo ćemo koristiti u našim eksperimentima.

Kod ovog strujnog kola, otpornik od 100k Ω i senzor vlage su povezani između pozitivnog pola baterije i tranzistora.

Kada se senzor tenosti potopi u tečnost koja provodi električnu struju, struja će teći od pozitivnog pola baterije kroz otpornik od 100 k Ω i senzora tečnosti do baze tranzistora.

Tranzistor će se otvoriti i LED anoda će svetleti.

Ovaj senzor se ne može koristiti kod tečnosti koje ne provode elektrinu struju kao što su ulja i destilovana voda. U takvim sluajevima, koriste se druge vrste senzora.

Slika 50

51. SIGNAL ZA NIZAK NIVO TEČNOSTI

Kod ovog eksperimenta, želimo da nas signal upozori kada je nivo tečnosti nizak. Kod ovog strujnog kola, senzor vlage formira prenosnik napona sa otpornikom od 100k Ω , koji se grana ka bazi tranzistora.

Kada senzor potopimo u tečnosti, otpor između njegovih provodnika će biti mali. Napon između osigurača će takođe biti isuviše mali da bi se struja provela do baze, a tranzistor će biti zatvoren.

Kada se posuda isprazni, senzor će ostati u vazduhu. Kako vlaga isparava, otpor senzora će rasti. Napon po srednjoj grani prenosnika će rasti, a struja će teći preko otpornika od 100 k Ω do baze tranzistora. Ovim će se tranzistor otvoriti i dioda će svetleti.

Slika 51

52. MONOFAZNI NISKOFREKVENTNI POJAČIVAČ

Setite se opisa kako zvuk radi. Ako elektrina struja teče kroz kalem speakerfona, kalem će se ponašati kao elektromagnet. To će dovesti do uvlačenja ili izbacivanja kalema iz releja elektromagneta. Ako varirajuća ili naizmenična struja teče kroz ovaj kalem, on će se kretati napred – nazad. To će prouzrokovati pokrete u vazduhu i mi ćemo čuti proizvedeni zvuk.

Opšte pravilo je da će pokret provodnika blizu magneta (ili kretanje magneta blizu provodnika) uzrokovati da kroz njega teče električna struja. Ovo je osnovni princip električnih generatora u centralama.

Slika 52

Šta se događa sa kalemom u žljebu magneta ako se magnet kreće? Kretanje će prouzrokovati da električna struja prolazi kroz njega. Kažemo da je električna struja indukovana u njemu. Kako se membrana kreće unutra – van, struja u kalemu će menjati pravce. Ukratko, naizmenična struja će prolaziti kroz kalem kako mi budemo govorili u spiker.

Kada govorimo u spiker, električni signal će biti indukovano, a njegov napon će zavisiti od toga koliko glasno govorimo ili udaramo o membranu. Tako funkcionišu mikrofoni, na primer oni koji se koriste kod modernih telefona. Grada zvučnika i mikrofona je veoma slična. U našem kompletu ne postoji mikrofoni, ali nema veze, umesto mikrofona, koristićemo spiker.

Kod dole prikazanog strujnog kola, otpornici su izabrani tako da je tranzistor malo otvoren. To uzrokuje da LED anoda jasnije sija. Elektrolitički kondenzator je paralelno povezan za mikrofoni. Pošto kondenzator blokira direktnu struju, struja koja teče od kolektora kroz otpornik od 100 k Ω će teći do baze tranzistora.

Spiker koji se ovde koristi kao mikrofoni, povezan je za bazu tranzistora preko elektrolitičkog kondenzatora. Ukoliko udarite membranu spikera ili pričate u spiker, naizmenična struja će biti indukovana u kalem. Već smo dokazali da naizmenična struja može da teče kroz kondenzator. Ta struja će se prikljuiti struji koja teče do baze

tranzistora kroz otpornik. Tako će struja koja teče do baze varirati. Kao posledica toga, tranzistor će biti manje ili više otvoren, a LED anoda će sijati manjim ili većim intenzitetom.

53. DVOFAZNI NISKOFREKVENTNI POJAČIVAČ

Kod ovog eksperimenta koristićemo dva veoma slična niskofrekventna pojačivača. Između izlaza prvog (kolektor desnog tranzistora) i izlaza drugog (baza levog tranzistora) stoji elektrolitični kondenzator koji osigurava da će napajanje baze levog tranzistora kontrolisati isključivo otpornici oko ovog tranzistora.

Prvi tranzistor pojačava niskofrekventnu naizmeničnu struju koja dolazi iz spikera, koji se ovde koristi kao mikrofona. Pojačani naizmenični signal teče od kolektora desnog tranzistora kroz elektrolitični kondenzator do baze levog tranzistora. Tako će signal na kolektoru levog tranzistora biti pojačan nekoliko puta. LED anoda će pokazati kako tok struje kroz levi tranzistor varira što je posledica signala koji dolazi iz spikera.

54. JOŠ JEDNA VARIJACIJA POJAČIVAČA

Dijagram koji sledi prikazuje još jednu varijaciju pojačivača od dve faze. Između kolektora desnog tranzistora i baze levog, ne postoji elektrolitički kondenzator, čime se omogućava da direktna struja sa otpornika kolektora desnog tranzistora tee do baze levog tranzistora. Ako uporedimo ta dva kola, ustanovićemo da semo kod drugog koristili manje elemenata. Ipak, direktna povezanost direktne struje između prvog i drugog tranzistora može prouzrokovati komplikacije.

Izlaz 2. nivo 1. nivo ulaz.

Slika 53

Slika 54

55. "SVETLOSNI EFEKTI"

Upotrebom pojačivača možemo pojačati slab signal koji dolazi sa izlaza spikera toliko da će sijalica zasvetleti.

Ako sijalicu povežete direktno na izlaz spikera, ona neće sijati. Ali kod ovog strujnog kola će biti dovoljno da nežno dodirnete spiker ili dunete u njega i sijalica će zasvetleti. Sličan princip se koristi kod strujnih kola u diskotekama gde svetlost povremeno pulsira u ritmu muzike.

Slika 55

56. SENZORSKO STRUJNO KOLO SA DVA TRANZISTORA

Verovatno ste se pitali kako rade sensorska dugmad na radiju i TV aparatu. To nije samo dugme koje treba pritisnuti, ono funkcioniše čak i na lagani dodir.

Ako sastavite strujno kolo kao na slici 56 postaće vam jasno kako senzorska dugmad funkcionišu. Kod ovog strujnog kola koristimo dva tranzistora. Žabica sa pozitivnog pola baterije i otpornik od 100 k Ω su povezani za drugi kraj baze desnog tranzistora i smešteni su tako blizu jedan drugog da se mogu oba dodirnuti jednim prstom. Zapamtite: ako veoma mala struja teče od baze do tranzistora, omogućiće mnogo jačoj struji da protiče kroz tranzistor od kolektora do odašiljača.

Slika 56

Ovom strujom se može napajati baza drugog tranzistora. Tako će struja koja teče do baze levog tranzistora biti pojačana, pojačavajući, u povratku, struju koja kroz njega teče. Takav spoj između tranzistora kod kojih struja iz odašiljača jednog teče direktno do baze drugog tranzistora naziva se Darlingtonovo strujno kolo.

Površina kože kod ljudi je uvek pokrivena mešavinom prljavštine, vlage i znoja. Ipak električna struja može teći po površini naše kože. Otpor kože je prilično veliki dok je struja koja teče po površini veoma mala. Ovom strujom se napaja baza desnog tranzistora što se vidi na sledećem diagramu. Kada dotaknemo žabicu sa oznakama 1 i 2, LED će svetleti.

Koju namenu ima otpornik od 100 k Ω smešten između senzorskog dugmeta i baze desnog tranzistora? Strujno kolo bi takođe funkcionisalo bez otpornika, ali ...

Može se desiti da neko slučajno (ili namerno) senzorsko dugme poveže sa komadom metala. Tada će baza biti direktno povezana za pozitivan pol baterije. Zapamtite: pravac baza – odašiljač kod tranzistora se ponaša kao dioda. Ova dioda je tako okrenuta da struja može da teče od odašiljača do negativnog pola baterije. Struja koja teče direktno od pozitivnog pola baterije kroz bazu tranzistora bi ga definitivno upropastila. Otpornik serijski povezan sa bazom tranzistora ga u stvari štiti od jake struje koja prolazi kroz njegovu bazu.

57. SENZORSKO STRUJNO KOLO KOJE UKLJUČUJE I ISKLJUČUJE NEKI APARAT

Kod ovog strujnog kola, desni tranzistor se koristi kao prekidač koji uključuje prekidač levog tranzistora. Normalno, električna struja neće teći do baze desnog tranzistora. Tranzistor će tako biti zatvoren i imaće veoma veliki otpor. Struja će tako teći kroz otpornik od 22 k Ω do baze levog tranzistora, koji će se otvoriti i LED anoda će svetleti. Ako dodirnete "senzor" žabice, električna struja će teći do baze desnog tranzistora i otvoriti ga. Otvoreni tranzistor će pružati manji otpor i napon srednje grane razdelnika napona koja se sastoji od otpornika od 22 k Ω – desnog tranzistora će opasti. Struja koja ide do baze levog tranzistora će se smanjivati i on će se zatvoriti. LED anoda će prestati da svetli.

58. KONDENZATOR I TRANZISTOR (1)

Ako sklopite strujno kolo koje je dole prikazano i povežete ga za bateriju, LED anoda neće svetleti jer struja ne dolazi do baze tranzistora i on je zatvoren. Pritisnite prekidač. Struja će od pozitivnog pola baterije teći kroz otpornik i prekidač, i dalje do elektrolitičkog kondenzatora i baze tranzistora. Najpre će struja ulaziti u prazan kondenzator. Kako se kondenzator bude punio, napon na kontaktnim tačkama će rasti. Na određenoj tački, biće dovoljno visok da će nešto struje moći da teče do baze tranzistora i tranzistor će početi da se otvara. Svetlo LED anode će rasti sve dok ne dosegne svoj maksimum. Otpustite prekidač. Kondenzator je napunjen i u njega je pohranjeno nešto elektrine struje. Kada otpustimo prekidač, kondenzator će se ponašati kao baterija iz koje struja može da otići do baze tranzistora. To će prouzrokovati da tranzistor ostane otvoren neko vreme. Kako se kondenzator bude praznio, struja koja teče iz njega do baze tranzistora će biti sve manja. Tranzistor će se polako zatvarati, a LED anoda će se smanjivati sve dok potpuno ne nestane.

Slika 57

Slika 58

59. KONDENZATOR I TRANZISTOR (2)

U ovom strujnom kolu, prekidač je paralelno povezan za elektrolitički kondenzator. Kada strujno kolo povežete sa baterijom, svetlo LED anode će se povećavati kao kod prethodnog eksperimenta.

Pritisnite prekida. Ovo će prouzrokovati kratak spoj kondenzatora koji će se momentalno isprazniti. LED anoda će takođe momentalno nestati. Otpustite prekidač. Kondenzator će lagano početi da se puni. U isto vreme, tranzistor će početi da se otvara, a svetlo LED anode da se povećava sve dok ne dostigne svoj maksimum.

Slika 59

60. UKLJUČIVANJE APARATA NA TRENUTAK

Strujno kolo koje koristi svojstva kondenzatora koji se puni se takođe može koristiti za uključivanje nekog aparata na kraće vreme. To može biti ventilator u kupatilu, električno zvono na vratim, gong, itd. Strujno kolo koje je ovde opisano to neće omogućiti, ali ako povežemo jedan relej između kolektora tranzistora i pozitivnog pola baterije umesto LED anode i serijski povezanog otpornika, relej bi mogao da funkcioniše kao prekidač za aparate kojima je potrebna jača struja i napon.

Kako strujno kolo funkcioniše? Hajde da pretpostavimo da je elektrolitički kondenzator prazan. Kada pritisnete prekidač, struja će teći od pozitivnog pola baterije do elektrolitičkog kondenzatora. Zatim će se struja podeliti u grane: jedan deo kroz otpornik od 270 Ω do negativnog pola baterije, a drugi deo preko otpornika od 22 k Ω do baze tranzistora. Tranzistor će se otvoriti i LED anoda će svetleti.

Kondenzator će se polako puniti. Kada se jednom napuni, struja će prestati da teče do njega. Struja će takođe prestati da teče do baze tranzistora, koji će se usled toga zatvoriti i dioda neće svetleti.

Kada otpustite prekidač, pozitivan pol kondenzatora neće biti povezan za pozitivan pol baterije, a struja će teći preko otpornika od $1\text{ k}\Omega$ i $270\ \Omega$ i kondenzator će se napuniti. Ovdje struja koja teče kroz otpornike od $270\ \Omega$ teče u suprotnom smeru u poređenju sa situacijom kada je prekidač na poziciji on, a napon ovog otpornika će biti u pravcu koji je suprotan od ranijeg. Tranzistor će biti zatvoren i dioda neće svetleti.

Slika 60

61. PREKIDAČ KOD KOGA SE PODEŠAVA ISTEK VREMENA

Možda ste nekada bili u prilici da posmatrate svog oca ili majku kako pokušavaju da zaključaju auto na neosvetljenom parkingu pošto su zatvorili vrata automobila. Zar ne bi bilo lakše pronaći ključeve kada bi svetla u autu ostala upaljena nekoliko sekundi?

Hajde da pretpostavimo da je prekidač na dugme u stvari prekidač koji uključuje svetlo u automobilu. Kada se napravi kontakt, struja će teći od pozitivnog pola baterije kroz otpornik od 33Ω posle čega će jedan deo teći do elektrolitičkog kondenzatora, a drugi do otpornika od $2,2\text{k}\Omega$. Odatle, jedan deo struje će teći do baze tranzistora, a drugi kroz potencijometar do negativnog pola baterije. Pošto struja teče do baze, tranzistor će se otvoriti i LED anoda će svetleti.

Otpustite prekidač. Elektrolitički kondenzator će početi da se prazni kroz otpornik od $2,2\text{ k}\Omega$, odakle će jedan deo struje teći do baze, a drugi deo do potencijometra i otpornika od $22\text{ k}\Omega$. U zavisnosti od pozicije potencijometra, kondenzator će se brže ili sporije prazniti. Kada napon elektrolitičkog kondenzatora postane isuviše mali da održi tranzistor otvoren, LED anoda će prestati da svetli. Potencijometar je tu da reguliše zaostatak od momenta kada je prekidač otpušten do momenta kada LED anoda prestane da svetli.

Slika 61

62. STRUJNO KOLO ZA TESTIRANJE ELEMENATA

Kod strujnog kola koje sledi, LED anoda će svetleti kada struja bude išla kroz štipaljke a i b. Kako se ovo može koristiti za testiranje elemenata?

Ako rezistor povežete između štipaljki, LED anoda će svetleti ako otpornik nije oštećen.

Ako kondenzator povežete između dve štipaljke, LED anoda će na kratko svetleti. Kada se kondenzator puni, struja će prestati da teče od tačke a do kondenzatora i dalje preko tačke b do baze tranzistora. Dioda će prestati da svetli. Dioda će svetleti duže ako je kapacitet kondenzatora veći. Ako LED anoda nastavi da svetli, kondenzator je oštećen.

Ovim strujnim kolom takođe možemo testirati diode. Dioda treba da bude povezana tako da katoda (kraj diode koji je oznčen) ima kontakt sa štipaljkom b. LED anoda će svetleti. Ako diodu okrenete, LED anoda ne bi trebalo da svetli. Ako se dioda ne ponaša ovako, oštećena je.

Slika 62

63. STRUJNO KOLO ZA TESTIRANJE DIODA

U prethodnom strujnom kolu morali smo diodu dva puta da povezujemo da bismo testirali pravac anoda – katoda, a onda pravac katoda – anoda.

Sa elementima iz kompleta možete sastaviti kompleksno strujno kolo za testiranje dioda. Hajde da vidimo kako se strujno kolo ponaša ako na njega povežemo jednu diodu koja radi i jednu koja je oštećena.

Hajde prvo da pretpostavimo da je dioda nepovezana unutra. To bi bilo isto kao i kada ništa ne bi postojalo između kontakata a i b.

Slika 63

Desni tranzistor će biti zatvoren jer struja ne može da stigne do baze. LED anoda neće sijati. Pritisnite prekidač. Struja će teći kroz prekidač i otpornik od $22\text{ k}\Omega$ do baze desnog tranzistora koji će se otvoriti i LED anoda će svetleti. Ako pritisnete prekidač, levi tranzistor će takođe biti otvoren, ali je to za ovaj test nevažno.

Hajde da pretpostavimo da dioda u sebi ima kratak spoj. To bi bilo isto kao da smo ubacili parče žice između tačaka a i b. Sada će struja teći kroz otpornik od $2,2\text{ k}\Omega$, ubačeno pare žice i otpornik od $22\text{ k}\Omega$ do baze desnog tranzistora. Tranzistor će se otvoriti i LED anoda će svetleti. Sada će se otvoriti levi tranzistor i njegov otpor će biti veoma mali. Kao rezultat toga, napon između odašiljača i kolektora ovog tranzistora će biti isuviše mali da bi struja prolazila do baze desnog tranzistora. Tranzistor će se zatvoriti i LED anoda neće svetleti.

Hajde da pretpostavimo da je dioda ispravna i ispravno postavljena (kao što je prikazano na dijagramu: katoda na štipaljki a). Kada se prekidač otpusti, dioda će zaustaviti struju, koja bi inače išla kroz otpornik od 2.2kΩ do baze desnog tranzistora. Stoga, LED anoda neće svetleti. Kada pritisnete prekidač, levi tranzistor će se otvoriti i otpor između njegovog kolektora i odašiljača će biti veoma mali. Struja koja bi u suprotnom išla preko prekidača i otpornika od 22kΩ će umesto toga prolaziti kroz diodu u levi tranzistor, a desni tranzistor će ponovo biti zatvoren. LED anoda neće svetleti.

Hajde da pretpostavimo da je ubačena dioda dobra, ali da je za strujno kolo povezana u pogrešnom pravcu, i da je katoda na štipaljki b. Struja će teći kroz otpornik od 2.2 kΩ, diodu i otpornik od 22 kΩ do baze tranzistora, koji će se otvoriti i LED anoda će svetleti. Kada pritisnete prekidač, levi tranzistor će se otvoriti i njegov napon će biti veoma mali. Struja će teći kroz prekidač i otpornik od 22 kΩ prema štipaljki b. Pošto je leva štipaljka diode na veoma niskom naponu (zbog toga što je levi tranzistor otvoren), dioda je okrenuta u pogrešnom pravcu. Struja neće teći u ovom pravcu već ka bazi desnog tranzistora. Tranzistor će opet biti otvoren i LED anoda će svetleti.

Na osnovu ovog opisa, možemo napraviti sledeću tabelu:

Stanje diode	prekidač uključen	prekidač isključen
dobro	isključen	isključen
nepovezano	sija	isključen
kratak spoj	isključen	sija
okrenuta u pogr.pravcu sija	sija	

64. GENERATOR ZVUKA

Verovatno ste videli pojačavače sa ekranom koji pokazuje visinu pojedinačnih tonova muzike koju slušate. Na ekranu, možete videti kolone koje skaču gore-dole u ritmu muzike. Ispod kolona, označena je njihova frekvencija, npr: 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, itd.

Za visoko kvalitetnu reprodukciju zvuka, neophodno je da pojačivač jednako pojačava sve ove tonove. Kako možemo ovo da proverimo? Biće nam potreban izvor signala, koji ćemo konektovati za pojačivač i onda ćemo meriti visinu njegovog zvuka iza izlazu pojačivača. Na izvoru, mi možemo da podesimo frekvenciju signala i možemo izmeriti visinu izlaznog signala. Tada možemo promeniti frekvenciju jednog podjednako jakog signala i izmeriti ponovo njegovu visinu. Na ovaj način, videli bi smo koje frekvencije pojačivač najviše pojačava. Sa odgovarajućim komandama, možemo regulisati pojačavanje za svaku frekvenciju odvojeno.

Postoji signal kod koga je zvuk svih frekvencija već prisutan. To je buka. Kada bismo imali izvor buke, konektovali bismo ga na ulaz pojačivača i merili visinu njegovog izlaznog signala zvuka instrumentom koji može da pokaže visinu zvuka pojedinačnih frekvencija.

Takvi instrumenti imaju ekran sa kolonama kao što je gore opisano. Odatle, bilo bi veoma lako regulisati pojačivač.

Slika 64

Strujno kolo koje će generisati buku je prikazano na dijagramu koji sledi. Element koji generiše buku je pravac odašiljač-baza tranzistora BC548 koji se koristi kao dioda i povezan je na strujno kolo u suprotnom pravcu. Tranzistor povezan na ovaj način će generisati i najmanji šum koji može pojačati. Ovde smo koristili pojačivač tranzistora. Kada pritisnete prekidač strujnog kola, čujete šum sa spikera.

65. PREKIDAČ OSETLJIV NA TEMPERATURU

Već smo se upoznali sa načinom na koji rade termistori, tranzistori i releji. Sada imamo dovoljno znanja da sastavimo još kompleksnije strujno kolo.

Zamislite da imate peč i da želite da se ona uključuje automatski kada temperatura padne na određeni nivo. To možemo postići korišćenjem strujnog kola koje je veoma slično onom na dijagramu koji sledi.

Termistor i podesivi otpornik na desnoj strani dijagrama predstavljaju u stvari razdelnik napona. Ako je otpor termistora manji (što se dešava na višoj temperaturi), izlazni napon razdelnika će biti veća. Izlaz razdelnika je konektovan preko otpornika za bazu tranzistora. Kako je napon na razdelniku porastao, struja do baze će porasti i tranzistor

će se otvoriti. Napon između odašiljača i kolektora ovog tranzistora će stoga biti mala. Struja koja teče do baze drugog tranzistora će pasti, tranzistor će se zatvoriti i dioda će prestati da svetli.

Slika 65

Kada bismo umesto LED anode i otpornika od $1k\Omega$ povezali relej, on bi uključivao peč ili otvarao električni ventil za toplu vodu u sistemu centralnog grejanja.

Kako temperatura pada, otpor termistora će rasti. Zbog toga će se desni tranzistor zatvoriti a levi otvoriti i dioda će svetleti.

Strujno kolo se može uklopiti bilo gde, ali termistor mora biti na mestu gde želimo da regulišemo temperaturu.

Između termistor i negativnog pola baterije stoji jedan podesivi otpornik ili potenciometar. Ako je otpor manji, manje struje će teći do baze desnog tranzistora. Ako želimo da struja koja teče do baze tranzistora da bude dovoljno jaka da uključi relej, otpor termistora mora biti spušten na niži nivo, što će se desiti na višoj temperaturi.

To znači da promenom pozicije klizača potenciometra možemo da regulišemo temperaturu na kojoj želimo da se grejanje uključi. Ako smanjimo otpor potenciometra, grejanje će se uključiti na višoj temperaturi, i obrnuto.

Kada sklopite strujno kolo potenciometar okretnite tako da LED anoda prestane da svetli.

Onda ga vratite nazad dovoljno da LED anoda počne da svetli. Zatim termistor držite prstima. Time će se on zagrejati i LED anoda će prestati da sija. Sačekajte kratko vreme.

Termistor će se ohladiti i dioda će ponovo svetleti.

66. ELEKTRIČNA SVETLA

Da biste zapalili sveću potreban vam je izvor toplote (vatra - šibica), a da biste je ugasili potrebno je samo da dunete. Sledeće strujno kolo će se slino ponašati.

Ako termistor zagrejte prstima, otpor će opasti. Napon na termistoru će biti niži, a više struje će teći do baze desnog tranzistora. Odatle, više struje će teći do baze levog tranzistora, prouzrokujući tako da se on otvori i sijalica zasvetli.

Slika 66

Ako su sijalica i termistor jedan blizu drugog, toplota sijalice će zagrejati termistor, i sijalica će nastaviti da sija.

Šta treba uraditi da sijalica prestane da svetli? Duvajte u termistor da se ohladi. Ako je neophodno, duvajte mnogo puta i sijalice će polako nestajati. Hladniji termistor ima veći otpor i manje struje će kroz njega teći.

Tada će manje struje teći i do baze tranzistora i kroz sam tranzistor. Sijalica će prestati da sija.

Sa podesivim otpornikom, možete regulisati temperaturu na kojoj sijalica počinje da sija. Okrenite potenciometar tako da se sijalica ugasi. Sačekajte da se termistor ugasi. Zatim okrenite potenciometar sve dok sijalica ne počne ponovo da svetli i brzo ga vratite nazad da se ona opet ugasi. Proverite poziciju sijalice i termistora. Vlako sijalice treba da bude što bliže termistoru.

67. SIGNALIZIRANJE TEMPERATURNIH PROMENA

Nekada želimo da znamo da li se temperatura promenila u odnosu na onu prethodno ustanovljenu, i ako jeste, u kom pravcu. Ovo se može uraditi korišćenjem strujnog kola sličnom prethodnom.

Karakterično za ovo strujno kolo je način na koji su tranzistori povezani. Struja koja teče od odašiljača teče kroz zglobni (vezani) otpornik od $1k\Omega$.

Slika 67

Ovaj otpornik određuje koja količina struje će teći kroz oba tranzistora zajedno. Naravno više struje će teći kroz tranzistor sa manjim otporom. Zbog toga što struja može da teče kroz levi ili desni tranzistor ili oba podjednako, ovo se naziva balansirano ili izjednačeno strujno kolo. Strujno kolo burno reaguje na razlike u naponu između tačaka a i b. Ukoliko su ove dve voltaže jednake, strujno kolo je balansirano. U toj situaciji, obe diode će sijati istim intenzitetom. Situacija potseća na klackalicu: Svaka strana može ići i gore i dole, ali ako obe strane ulože napor, mogu dostići ravnotežu u kojoj je klackalica stabilna.

Ako jednaka struja teče kroz obe baze, strujno kolo će biti balansirano i oba tranzistora će imati jednaki otpor. Obe diode će sijati jednakim intenzitetom.

Ako se termistor zagreje, otpor će padati. Napon u tački a će biti malo viša od napona u tački b. Desni tranzistor će biti više otvoren od levog, a desna dioda (crvena) će svetleti jasnije, a leva (zeleno) prigušenije nego ranije.

Ako se termistor zagreje, napon u tački a će opasti. Sada će napon na tački b biti viši od napona u tački a. Levi tranzistor će sada biti više otvoren od desnog, zelena dioda će svetleti jasnije a crvena slabije.

Korišćenjem potenciometra kao podesivi otpornik u strujnom kolu, možemo podesiti temperaturu (ili otpor otpornika) na kojoj će strujno kolo biti balansirano. Na toj tački, obe diode će svetleti jednakim intenzitetom. Ako temperatura padne, zelena dioda će svetleti jasnije, a crvena slabije. Kada temperatura raste, dešava se suprotno. Brzi pogled na LED anode će nam biti dovoljan da ustanovimo da li je temperatura ispod ili iznad one koja je prethodno ustanovljena.

68. SIGNALIZIRANJE TAČNO ODREĐENOG NIVOVA VODE U POSUDI

Strujno kolo je napravljeno od izbalansirano strujnog kola dva tranzistora opisana u prethodnom eksperimentu. U ovom slučaju, signalizaciona jedinica bi bila adapterina da reaguje na tečnosti. Može se sastojati od dve duge paralelne ogoljene žice. Kako raste nivo tečnosti, otpor između žica stavljenih vertikalno na zid posude će se promeniti.

Kako je otpor tečnosti različit u svakom slučaju, podesivi otpornik i način njegovog podešavanja se moraju pažljivo odabrati. U primeru sa dijagrama, koristili smo podesivi otpornik od 47kΩ.

Slika 68

69. LOGIČKI IZMENJIVAČ (NOT)

Verovatno ste se pitali kako kompjuter funkcioniše. Verovali ili ne, čak i najkomplikovaniji kompjuter je sastavljen od mnoštva jednostravnih strujnih kola.

Kompjuter ne može da računa i radi sa brojevima kao rade ljudi. Strujna kola ne mogu da koriste tablicu množenja onako kako mi to radimo. Kod kompjutera, sve komande i podaci su napisani znacima koji se sastoje samo od nula i jedinica. Zamislite te nule i jedinice kao oznake "bez napona" i "napon". Nećemo ulaziti u transkripciju podataka i komandi, ali ćemo pokazati osnovna strujna kola bilo kog kompjutera ili kompjuterska integrisana strujna kola.

Logični signali se mogu posmatrati isto kao jedna LED anoda koja svetli ili ne svetli. Reći ćemo da su ulazni podaci logička 1 kada je ulazna štipaljka konektovana za pozitivan pol baterije, a logička 0 kada je konektovana za negativan pol. Na izlazu strujnog kola logička 1 je kada LED svetli a logička 0 kada ne svetli.

Rad bilo kog digitalnog strujnog kola se može opisati tabelom koja prikazuje logičko stanje na ulazu (ili ulazima, ako ih je nekoliko), i izlazu (izlazima, ako ih je nekoliko).

Takva tabela se naziva tabla istine.

Mi ćemo se ograničiti na strujna kola sa maksimalno dva ulaza. Kod svih naših strujnih kola, pokazali smo poziciju ulaza, samog strujnog kola i izlaza.

Izlaz	logičko kolo	ulaz
-------	--------------	------

Slika 69

Kako neka strujna kola imaju dva ulaza a komplet sadrži samo jedan prekidač možete se poslužiti žicom koja je povezana sa ulaznom žabicom koju ćete najpre konektovati za pozitivan (logički 1) a zatim za negativan (logička 2) pol baterije.

Najjednostavnije logičko kolo je izmenjivač. Ovo strujno kolo otkriva značenje ulaznog signala. Ako imamo logički 1 kao ulaz, imaćemo logičku 0 kao izlaz i obrnuto.

Logička tablica iskaza je:

INPUT	OUTPUT
0	1
1	0

Strujno kolo koje se koristi kao izmenjivač je u stvari prekidač tranzistora preko koga možemo videti da li je tranzistor otvoren ili nije. Ako je ulazna štipaljka (v) povezana za pozitivan pol baterije (a), tranzistor će biti otvoren i imaće mali otpor. Paralelno povezana LED anoda neće svetleti.

Kada je ulazna štipaljka (v) konektovana za negativan pol (b) baterije, tranzistor će biti zatvoren i imaće veliki otpor. Struja od pozitivnog pola baterije će teći kroz otpornik od $1\text{ k}\Omega$ i diodu, koja će svetleti.

Slika 70

70. DVA SERIJSKI POVEZANA IZMENJIVAČA:

Ulazi i izlazi logičkog strujnog kola se mogu integrisati da čine novo strujno kolo. Na ovaj način, uz pomoć jednostavnih logičkih kola stvaramo strujno kolo koje može imati veoma komplikovane funkcije između ulaza i izlaza.

Ovde imamo jednostavan primer: dva serijski povezana izmenjivača. Možemo pogoditi kako će izgledati tabela istine: ako je prvi izmenjivač reverzirao značenje logičkog signala, onda će ga drugi re-invertovati.

Logička tablica iskaza ovog strujnog kola bi bila:

INPUT OUTPUT

0	0
1	1

71. LOGIČKO ILI KOLO

Kod ovog strujnog kola, LED anoda će svetleti kada postoji logičko stanje 1 na bilo kom spoju ulaza.

Kod ovog strujnog kola, imamo dva tranzistora kod kojih su odašiljači i kolektori povezani. Kada je bilo koji od njih otvoren, struja će teći kroz otpornik od $1\text{ k}\Omega$, tranzistor i LED anodu. Tranzistor će se otvoriti kada dodirnete pozitivan pol baterije žicom iz ulaza.

INPUT1	INPUT2	OUTPUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

72. LOGIČKO I KOLO

Kod ovog strujnog kola, imamo dva serijski povezana tranzistora. Struja će teći kroz LED anodu samo kada su oba tranzistora otvorena. To znači da oba ulaza moraju biti povezana za pozitivan pol baterije, kao i da moraju imati logičko stanje 1. Tabela istine će ovako izgledati:

INPUT1	INPUT2	OUTPUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Slika 71

Slika 72

73. LOGIČKO NE ILI KOLO

Kod ovog strujnog kola, ponovo imamo dva prekidača tranzistora paralelno povezana. LED anoda će pokazati kada su oba tranzistora zatvorena i kada su prekidači tranzistora otvoreni. Kada su zatvoreni, tranzistori će imati veoma veliki otpor i struja će lako teći kroz diodu, koja će svetleti. Logička tablica iskaza za ovo strujno kolo izgleda ovako:

INPUT1	INPUT2	OUTPUT
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Pogledajte logičku tablicu iskaza za ILI kolo. Kod strujnog kola NE ILI, izlazni signal je suprotan onome kod strujnog kola ILI.

Slika 73

74. LOGIČKO NE ILI KOLO

Pokušajte da se setite logičke tablice iskaza za strujno kolo I; logička tablica iskaza ovog strujnog kola će imati suprotne izlazne vrednosti.

INPUT1	INPUT2	OUTPUT
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Kod ovog strujnog kola, možemo reći kada su dva prekidača tranzistora simultano uključena. Ako pritisnete pozitivan pol baterije žicama iz oba ulaza, struja će teći do baza oba tranzistora, a paralelna dioda neće svetleti. Kada su jedan ili oba tranzistora zatvorena, biće previše otpora i kroz njih neće teći struja. Napon na LED anodi će biti dovoljno visok da ona sija.

Slika 74

75. LOGIČKO NE I KOLO SASTAVLJENO OD I I NE KOLA

Rekli smo da se izmenjivač može uvek koristiti da reverzira značenje signala. Mi tako možemo dobiti isti rezultat sa strujnim kolom NE I, kao i sa strujnim kolom I koje je praćeno izmenjivačem.

Ukoliko su nam potrebne samo funkcije strujnog kola NE I, možemo koristiti gore opisano kolo jer je za njega potrebno manje elemenata nego za ovo strujno kolo. Ali, ako su nam potrebne funkcije i NE I strujnog kola, kao i I strujnog kola, ne moramo sklapati oba kola. Biće dovoljno da povežemo jedno strujno kolo I za izmenjivač. Time će strujno kolo postati jednostavnije. Kod vrlo kompleksnih logičkih strujnih kola, ovakvim potezima proizvođači smanjuju troškove i prostor koji su potrebni za strujna kola.

Recimo da su nam potrebne funkcije i I i NE I strujnog kola. Dobićemo sledeću logičku tablicu iskaza:

INPUT1	INPUT2	OUTPUT AND OUTPUT NAND
0	0	0 1
0	1	0 1

1	0	0	1
1	1	1	0

Slika 75

76. LOGIČKO NE ILI KOLO SASTAVLJENO OD ILI I NE KOLA

Isto kao što smo sastavili logičko strujno kolo NE I od I i NE strujnih kola, možemo sastaviti logičko strujno kolo NE ILI od strujnih kola ILI i NE. Ovde imamo dva izlaza, ILI i NE ILI. Logička tablica iskaza za takvo strujno kolo je:

ULAZ1	ULAZ2	IZLAZ ILI	IZLAZ NE ILI
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Slika 76

77. PRIMER INTEGRISANIH LOGIČKIH FUNKCIJA

Hajde da pretpostavimo da smo sklopili strujno kolo prikazano na dijagramu koji sledi. To strujno kolo je napravljeno tako da je u logičkom strujnom kolu ILI, jedan od ulaznih signala izmenjen. Kako će izgledati logička tablica iskaza za ovo strujno kolo? Tabela istine za strujno kolo ILI je poznata. Mi ćemo je proširiti za onoliko za koliko odredimo izlazni signal izmenjivača za ulaz 1 strujnog kola ILI. Za izlazni signal izmenjivača i signal za ulaz 2, možemo napraviti tabelu istine povezanu sa tabelom istine za strujno kolo ILI. Tako dobijamo sledeću logičku tablicu iskaza:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ INV.	IZLAZ KOLO
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	1	1

Slika 77

Logička tablica iskaza za celokupno strujno kolo će tako biti:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Prikazana strujna kola su veoma jednostavna. Čovek može samo da zamisli kako izgledaju komplikovana logička strujna kola koja su neophodna za kompleksne logičke funkcije.

78. LOGIČKO BISTABILNO STRUJNO KOLO

Sećate se dva serijski povezana izmenjivača? Signal na izlazu je bio isti kao signal za ulazu. Ako je to slučaj, ulaz i izlaz se mogu povezati. Ovim bi se signali u strujnom kolu održali u stabilnom stanju.

Hajde da ubacimo dve LED anode serijski povezane za dva otpornika od 1 k Ω između pozitivnog pola baterije i kolektora tranzistora. Ako ponovo nacrtamo diagram tako da su baze tranzistora okrenute jedna prema drugoj, dobićemo dole prikazani dijagram. Na osnovu tog dijagrama, možete videti da je baza jednog tranzistora preko otpornika povezana za kolektor drugog. Šta se događa ako strujno kolo povežemo za bateriju? Mada leva strana izgleda isto kao i desna, nije tako. Čak i kada su otpornici istog tipa, ne ponašaju se isto. Ovo je takođe tačno za otpornike za koje se pretpostavlja da imaju isti otpor.

Otpor dva identičko označena otpornika nikada nije potpuno jednak, tako da nikada nećemo biti sigurni koji od tranzistora će se otvoriti a koji će ostati zatvoren. Hajde da označimo levi tranzistor sa T1 a desni sa T2, pri čemu je T1 otvoren kada je strujno kolo povezano za bateriju.

Ovaj tranzistor će tako imati veoma mali otpor. Kolektor ovog tranzistora je izlaz prenosnika voltaže koji se sastoji od T1 i otpornik između njegovog kolektora i pozitivnog pola baterije. Otpor LED anode je zanemarljiv. Usled slabog otpora tranzistora, napon na izlazu prenosnika će biti veoma mali. Ovaj napon će biti isuviše mali da provede struju do T2, koji će ostati zatvoren i ponašaće se kao jak otpornik.

Na desnoj strani strujnog kola, T2 i otpornik (i zanemarljiva LED anoda) čine razdelnik napona između kolektora tranzistora i pozitivnog pola baterije. Izlaz ovog razdelnika je na kolektoru T2.

Kako je T2 zatvoren i nudi veliki otpor, napon između odašiljača i kolektora će biti veliki i struja će teći do baze T1, i držati je otvorenu. Ukratko, imamo strujno kolo kod koga T1

Drži T2 zatvoren, a T2 drži T1 otvoren. Stanje u ovom strujnom kolu je stabilno i može biti izmenjeno samo impulsom iz vana.

Ako bazu otvorenog tranzistora povežemo na kratko sa njegovim odašiljačem, struja više neće teći do baze tranzistora i ona će se momentalno zatvoriti. Napon na kolektorima će se povećati i struja će teći do baze drugog tranzistora, koji će ostati otvoren usled gore opisane situacije. Ako želimo da se okrenemo slučaju, moraćemo na trenutak da povežemo bazu otvorenog tranzistora za negativan pol baterije.

Sastavite strujno kolo prikazano na dijagramu. Kada strujno kolo povežete za bateriju, jedna od LED anoda će svetleti a druga neće. Upotrebiti žicu koja je povezana za negativan pol baterije i naizmenično je povežite na štipaljku a i štipaljku b. Na jednoj poziciji, leva dioda će svetleti, a na drugoj zelena. Kada pritisnete žicu na otvoreni tranzistor (LED anoda povezana za kolektor svetli), njegova LED anoda će se ugasiti, a LED anoda na drugom tranzistoru će početi da sija. Promenili smo status strujnog kola jednom intervencijom spolja. Tom intervencijom inicirali smo proces koji je doveo do promene statusa strujnog kola.

Ova intervencija spolja se naziva "okidanje". U našem slučaju mi smo povukli obarač za provodiranje promene tako što smo na tren povezali bazu otvorenog tranzistora za negativan pol. Strujna kola koja imaju strukturu sličnu onoj koja je ovde opisana se nazivaju multivibratori. Strujno kolo ovde opisano ima dva različita ali jednaka stabilna stanja. Zbog toga, ovo strujno kolo nazivamo "bistabilno". Ovo strujno kolo je bistabilni multivibrator.

Funkcionisanje bistabilnog multivibratora je skoro idealo za kontrolisanje aparata koji imaju dva prekidača, gde jedan uključuje a drugi isključuje aparat. Možda ste nekada naišli na slične aparate. U ovom slučaju, možemo jednostavno između negativnog pola i štipaljke a uglaviti prekidač na dugme, isto kao i između negativnog pola i štipaljke b. Otpornik od 1k Ω i LED anode se mogu zameniti relejima koji mogu uključivati aparat.

Slika 78

79. DRUGI METOD ZA OKIDANJE KOD BISTABILNOG MULTIVIBRATORA

Postoji još jedan način za povratak na staro stanje kod bistabilnog multivibratora. U ovom slučaju, strujno kolo je veoma slično prethodnom. Razlika je u okidaču za promenu. Okidač za promenu je zatvaranje trenutno otvorenog tranzistora ili otvaranje trenutno zatvorenog tranzistora nekom spoljnom intervencijom.

Dotaknite žicu do kolektora tranzistora koji je zatvoren i čija LED anoda ne svetli. Doći će do kratkog spoja. Struja će prestati da teče do baze drugog tranzistora koji će se tada zatvoriti, vraćajući nazad (na staro) status strujnog kola.

Slika 79

80. OKIDANJE BISTABILNOG MULTIVIBRATORA STRUJOM DO BAZE

Status strujnog kola se takođe može izmeniti usmeravanjem struje sa pozitivnog pola baterije, kroz otpornik, do baze trenutno zatvorenog tranzistora. Tako će se otvoriti tranzistor, i status će biti vraćen unazad.

Ovde smo opisali tri različita metoda za vraćanje statusa unazad kod takvih strujnih kola. Sve metode su jednako efikasne. Koju ćemo koristiti zavisi od toga kako nameravamo da upotrebimo strujno kolo.

Slika 80

81. BISTABILNI MULTIVIBRATOR I DUGMAD OSETLJIVA NA DODIR

U ovom slučaju, pokrenućemo bistabilni multivibrator tako što ćemo usmeriti struju do baze tranzistora direktno sa pozitivnog pola baterije. Ovo se takođe može uraditi korišćenjem dugmeta koje je osetljivo na pritisak. Ne zaboravite da površina kože kod ljudi ima otpor!

Stavite žabicu povezanu za pozitivan pol baterije između žabica a i b. Kada dodirnete clip a ili b sa srednjom clip, status multivibrator će biti vraćen unazad. Crvena i zelena dioda mogu lako predstavljati ON i OFF.

Između pozitivnog pola baterije i srednjeg dugmeta osetljivog na dodir stoji otpornik. On ima namenu da spreči da se višak struje ulije u bazu tranzistora, što može uništiti tranzistor.

Ako se strujno kolo ne vrati pošto su se kontaktne tačke senzora dodirnule, pokušajte vlažnim prstom.

82. MEMORIJSKO KOLO

Kod kompjutera, bistabilni multivibrator se koriste kao memorijska strujna kola. Status u strujnom kolu je veoma stabilan i neće se promeniti osim ako je nešto iz spoljnog sveta poslužilo kao okidač.

Slika 81

Ako je strujno kolo konstruisano kao bistabilni multivibrator koji su ovde prikazani, može doći do nekih poteškoća: kod bistable multivibratora, ne znamo u kom statusu je bio kada je uključen. To znači da u kompjuterskoj memoriji možemo imati nešto za šta nismo sigurni šta predstavlja.

Ako je kondenzator prazan, električna struja će teći kroz njega i napajati ga. Na kontaktima praznog kondenzatora nema napona. Napon na kontaktnim tačkama kondenzatora počinje da se povećava tek kada on počne da se puni. Kondenzator će svakako biti prazan ako nije bio povezan ni sa jednim izvorom struje.

Hajde da kondenzator povežemo između baze i odašiljača tranzistora u jednom bistabilnom multivibratoru. Kada strujno kolo povežemo za bateriju, prazan kondenzator će prouzrokovati da struja, koja bi inače tekla do baze tranzistora, teče pravo u kondenzator. Čak i ako je strujno kolo bilo sklono da ostavi ovaj tranzistor otvoren, kondenzator bi to sprečio.

Kao rezultat, drugi tranzistor e se otvoriti. Konačan rezultat bi bio da svaki put kada multivibrator povežete za izvor struje, crvena LED anoda će svetleti.

Pritisnite dugme prekidača. Baza levog tranzistora će biti na kratko povezana za negativan pol, a levi tranzistor će biti zatvoren.

Slika 82

Crvena LED anoda će prestati da sija, a zelena će početi. Ovaj status će ostati stabilan sve dok se baterija ne diskonektuje. Ako želite da se vratite na stari status dok je strujno kolo povezano, multivibrator treba provocirati tako da se desni tranzistor zatvori. To se može uraditi izazivanjem kratkog spoja na kondenzatoru.

83. BISTABILNI MULTIVIBRATOR KAO BINARNI PRENOSNIK

Zapamtite da se status bistabilnog multivibratora takođe može menjati kratkim povezivanjem kolektora otvorenog tranzistora za negativni pol.

Napon otvorenog tranzistora je mnogo niži od napona zatvorenog. To može prouzrokovati da od kolektora zatvorenog tranzistora prema negativnom polu kroz paralelnu žicu teče više struje.

Da bismo izmenili status bistablnog multivibratora, ne smemo napraviti kratak spoj na oba tranzistora u isto vreme jer će to dovesti do situacije slične onoj koju smo imali kada je strujno kolo bilo povezano na bateriju.

Znamo da je dioda tako konektovn da struja može da teče jer ima mali otpor. Svojtvo diode je i to da kada je otpor jednak nuli, napon je oko 0.6 V. Takođe znamo da otvoreni tranzistor ima veoma mali otpor. Između kolektora i odašiljača tranzistora, napon je čak i manji, najviše jednu desetinu volta.

Slika 83

Ako diodu povežete između kolektora i odašiljača otvorenog tranzistora, to neće uticati na status strujnog kola jer će struja i dalje teći kroz otvoreni tranzistor koji ima manji otpor.

Sada, hajde da se vratimo na strujno kolo! Dve diode, čije su katode povezane, povezane su za kolektor oba tranzistora. Jedna od njih je LED anoda. Pritisnite prekidač nekoliko puta! Svaki put, status multivibratora će biti vraćen u nazad. Kada je dugme prekidača pritisnuto, struja će teći od kolektora tranzistora kroz diodu do negativnog pola baterije. Struja će teći samo kroz diodu povezanu na zatvoreni tranzistor. Kod otvorenog tranzistora, napon između kolektora i odašiljača će biti isuviše mali da bi pogurala struju kroz diodu ili LED anodu. Pritisak na prekidač uvek utiče na strujno kolo tako da će se tranzistor koji je otvoren zatvoriti, i obrnuto. Dok pritisakmo prekidač, možemo posmatrati kako se prvo desna, a zatim i leva dioda uključuju. Ista dioda je uključena sekundu posle uključivanja. Ako smo izbrojali samo brojeve prvog puta uključene diode, broj koji ćete dobiti bi bio polovina brojeva puta koliko je prekidač pritisnut. Ovo strujno kolo će se koristiti za deljenje sa 2. Izlazni signal takvog strujnog kola će se koristiti za kontrolisanje ulaza sledećeg strujnog kola i strujno kolo ćemo dobiti deljenjem sa 4. Ako takva strujna kola povežemo u niz, dobićemo strujno kolo za deljenje sa 2, 4, 8, 16, 32, itd.

Strujno kolo za deljenje sa dva element predstavlja osnovni element svih deljivih strujnih kola. Korišćenje strujnih kola za deljenje sa dva i logičkih strujnih kola, možemo konstruisati strujno kolo za deljenje sa bilo kojim brojem.

Dva elektrolitička kondenzatora su paralelno povezana osnove tranzistora paralelno s otpornikom. Kondenzatori obezbeđuju da će se status vratiti unazad čak i posle najkraćeg mogućeg impulsa na prekidač.

Pritiskom na prekidač crvena dioda će na kratko bljesnuti. To signalizira da je došlo do promene u statusu strujnog kola. Takođe smo mogli da koristimo običnu diodu, ali u kompletu imamo samo dve obične diode i tri LED anode.

84. UKLJUČIVANJE I ISKLJUČIVANJE SVETLA JEDNIM DUGMETOM

Strujno kolo koje deli sa 2 se takođe može koristiti u svrhe koje nemaju veze sa kompjuterija. Dobar primer za to je strujno kolo kojim možemo uključiti neki aparat i isključiti ga, pritiskom samo na jedno dugme.

U ovom primeru, pokazali smo kako se sijalica može uključiti i isključiti pritiskom samo na jedno dugme. LED anoda signalizira svaki put kada je komandno dugme pritisnuto.

Umesto sijalice, možemo povezati i relej koji bi uključivao i isključivao neki jači aparat, npr. motor ventilatora ili svetla na stadionu.

Slika 84

85. MONOSTABILNI MULTIVIBRATOR

Monostable multivibrator je strujno kolo u stabilnom statusu. Ako je status izmenjen spoljnim impulsom, on će se, posle nekog vremena, vratiti u stabilno stanje.

Zelena LED anoda će svetleti kada je strujno kolo konektovano na izvor struje. Desni tranzistor ima veliki otpor i napon između kolektora i odašiljača će biti veliki. Pošto je napon na bazi levog tranzistora nizak, elektrolitički kondenzator će se puniti.

Slika 85

Pritisnite prekidač na trenutak. Baza levog tranzistora će se na kratko povezati sa odašiljačem, u bazi neće više biti struje i tranzistor će se zatvoriti. Ovo će povećati napon na kolektoru ovog tranzistora, a struja će oteći do baze desnog tranzistora. Status multivibratora će biti vraćen unazad. Desni tranzistor će sada imati veliki otpor; preko potzivne tačke kontakta kondenzatora će biti povezan za negativan pol baterije. Sada će struja teći do kondenzatora kroz otpornik od 100kΩ i puniti ga. Napon negativnog

kontakta kondenzatora će se povećavati sve dok ne dosegne tačku na kojoj struja može biti usmerena ka bazi levog tranzistora. Levi tranzistor će se otvoriti i multivibrator će se vratiti na svoj prethodni status.

Monostabilni multivibrator se može koristiti za kratko uključivanje (ako koristite desni tranzistor) ili isključivanje (ako koristite levi tranzistor). Tačno je da smo već sklapali strujna kola koja bi isto to uradila mnogo jednostavnije.

Prednost strujnih kola sa monostabilnim multivibratorom u odnosu na one koji rade putem punjenja i pražnjenja kondenzatora je u tome da se ulazni napon u slučaju pražnjenja menja u trenutku. LED anoda se uključuje i isključuje vrlo brzo. Kod strujnih kola koj su ranije opisana, promena je bila postepena. Ako se sećate, kod tih strujnih kola LED anoda je polako bleдела.

86. IMPULS KOLEKTORA KAO OKIDAČ KOD MONOSTABILNOG MULTIVIBRATORA

Isto kao kod bistabilnog multivibratora, kao okidač kod monostabilnog multivibratora mogu poslužiti razne stvari. U slučaju koji je ovde pokazan, do okidanja će doći na kolektoru desnog tranzistora. U normalnom statusu, tranzistor je zatvoren. Stoga je napon na bazi tranzistora veoma visok. Kako napon na bazi tranzistora ne može biti veći od 0,6V, elektrolitički kondenzator će se puniti.

Kada pritisnete okidač, kolektor desnog tranzistora će se na kratko povezati za negativan pol. Pozitivna elektroda elektrolitičkog kondenzatora će biti na negativnom polu baterije. Pošto se kondenzator puni, njegov negativni kontakt će biti ispod negativnog napona i tranzistor će se momentalno isključiti. Sada će struja teći u kondenzator kroz otpornik od 100Ω.

Kako napon na negativnoj tački kontakta kondenzatora postaje dovoljno visok, struja će teći do baze levog tranzistora i multivibrator će menjati svoj status, koji će ovog puta ostati stabilan.

Slika 86

87. STRUJA DO BAZE KAO OKIDAČ KOD MONOSTABILNOG MULTIVIBRATORA

Efekat koji se postiže privremenim povezivanjem kolektora desnog tranzistora sa negativnim polom, se može postići i otvaranjem desnog tranzistora.

Slika 87

Ovo se može uraditi usmeravanjem struje do baze ovog tranzistora. Struja će do zatvoreni desni tranzistor teći preko otpornika od 22kΩ.

Kao i u slučaju bistabilnog multivibratora, ovde smo pokazali, kada se radi o monostabilnom multivibratoru, tri metoda za okidanje (startovanje) strujnog kola. Koji metod ćemo odabrati zavisi od načina upotrebe i impulsa za okidanje koje vam je na raspolaganju.

Kod monostabilnog multivibratora, tri metoda za okidanje nemaju jednaka svojstva. U prvom slučaju, gde smo na kratko povezali negativan pol i bazu otvorenog tranzistora, kondenzator se ispraznio manje nego u druga dva slučaja. Napon između baze i odašiljača otvorenog tranzistora je 0,6V. Znači, kada pritisnemo prekidač, napon na kontaktnim tačkama kondenzatora će se promeniti samo za 0,6V.

U slučaju gde smo startovali promenu na kolektoru baze zatvorenog tranzistora u stabilnom stanju strujnog kola, kondenzator se potpuno ispraznio. Posledica će biti da je potrebno mnogo više vremena da se status strujnog kola ponovo vrati u stabilan.

88. PREKIDAČ OSETLJIV (KOJI REAGUJE) NA ZVUK

Kao okidač kod monostabilnog multivibratora takođe može poslužiti i dugme prekidač, uz uključivanje jednog spoljnog elementa. U primeru koji navodimo, okidač za monostabilni vibrator je signal sa zvučnika koji se koristi kao mikrofon.

Slika 88

Takvo strujno kolo se može koristiti da se startuje alarm ili za svetlost u diskoteci. Elektrolitički kondenzator je serijski povezan za zvučnik, sprečavajući tako da kroz njega direktno teče struja. Takođe se ne ponaša kao barijera za naizmeničnu struju. Strujno kolo je veoma slično prethodnom. Ovo strujnom kolu je dodati i potencijometar. Njime možete regulisati senzibilitet. Kada je klizač veoma blizu pozitivnom polu baterije, strujno kolo će biti manje osetljivo.

Kada smo sklopili strujno kolo i povezali ga za bateriju, moraćemo ga malo podesiti. Ako LED anoda sija, okrećite potencijometar sve dok se ne ugasi. Zatim ga polako vratite nazad do tačke gde počinje da sija. Ponovo sačekajte da se ugasi. LED anoda će prekinuti da sija. Dignite u spiker ili ga lagano udarite. LED anoda će sijati nekoliko sekundi.

89. REGULATOR SVETLA

Već smo spomenuli da se tranzistor može koristiti kao podesivi otpornik, kod koga će otpor zavisi od struje koja teče do baze. Ovo svojstvo se može koristiti za promenu napona, npr. u konvertoru.

Slika 89

Sa potencijometrom u nižem delu strujnog kola, možemo podesiti napon između odašiljača i negativnog pola baterije. Pravac baza-odašiljač tranzistora se ponaša kao dioda koja je okrenuta od baze ka odašiljaču. Ako je tranzistor otvoren, struja će teći kroz njega. Napon diode koja je okrenuta u pravcu provođenja je 0,6V. Kod otvorenog tranzistora, napon između baze i odašiljača je takođe 0,6V. Ako postoji napon između baze i tranzistora i negativnog pola baterije, napon između odašiljača i negativnog pola baterije će biti za 0,6V niža. Ako okrenete potencijometar, napon će varirati od 0 do 9 volti. Napon između odašiljača i negativnog pola baterije će biti za 0,6V niža od napona klizaču potencijometra. Potencijometar ima osrednji otpor i kroz njega će teći malo struje. Mnogo jača struja može da teče kroz tranzistor, ali ovu struju takođe određuju elementi konektovani između odašiljača i negativnog pola.

Ovde su povezani jedan otpornik od 1kΩ i jedna LED anoda. Uzmite parče žice i povežite drugi otpornik i LED anodu malo dalje od ove diode. Kada pritisnete prekidač i uključite LED anodu, intenzitet svetla se neće promeniti. To znači da je napon između odašiljača i negativnog pola baterije ostao nepromenjen. Kako će više struje sada teći kroz tranzistor (dve diode svetle) a napon između kolektora i odašiljača se nije promenio, otpor tranzistora je morao da opadne!

A da smo umesto tranzistora koristili običan otpornik, konekcija druge LED anode bi prouzrokovala da više struje teče kroz otpornik. Kako je struja povećana, napon po otporniku bi se takođe uvećavao, a napon po LED anodi bi opadao. Konektovanje druge LED anode bi prouzrokovalo da prva LED anoda svetli sa manje sjaja.

Ovo strujno kolo je korisno za regulisanje napona. Često se strujno kolo kod koga je kolektor povezan za pozitivan pol baterije, gde između odašiljača i negativnog pola imamo druge elemente strujnog kola (npr. sijalicu) zove obeleživač odašiljača. To ime je sasvim odgovarajuće jer napon odašiljača obeležava promene napona na samoj bazi i uvek je niži za 0,6 V. Dobar primer korišćenja ovog strujnog kola je regulator intenziteta svetlosti.

90. ELEKTRIČNI PREKIDAČ SA HISTEREZOM

Sastavite strujno kolo onako kako je prikazano na dijagramu. Okrenite potencijometar levo i desno i primetite na kojoj se poziciji LED anoda uključuje i isključuje. Primetićete da su te dve pozicije različite. Da bi LED anoda sijala, napon na klizaču potencijometra treba da bude viša od one na kojoj LED anoda počinje da se gasi.

Kako je napon na klizaču na kome LED anoda počinje da svetli viša od napona na kome ona prestaje da svetli, mi možemo označiti ove dve tačke na potencijometru. Ali, kada okrenemo potencijometar u jednom smeru, strujno kolo se ne ponaša isto kada ga vratimo. Ovaj fenomen, gde se promene u jednom pravcu razlikuju od promena u pravcu nazad, naziva se histereza.

Hajde da pretpostavimo da je klizač potencijometra na poziciji gde dodiruje krajnji kontakt konektovan za negativan pol baterije. Struja neće teći do baze desnog tranzistora i on će biti zatvoren. Napon po bazi levog tranzistora će biti visok. Strujno kolo će teći kroz otpornik od 5,6 kΩ i tranzistor će biti otvoren. LED anoda će svetleti.

Ako potencijometar okrenete tako da napon na klizaču raste, struja do baze desnog tranzistora će takođe početi da raste. Kao rezultat, struja kroz desni tranzistor će takođe početi da se povećava, a njegov otpor će početi da opada. Manje struje će teći do baze levog tranzistora. Struja koja kroz njega teče će početi rapidno da opada, mnogo brže nego što će struja kroz desni tranzistor početi da raste. Ova struja teče kroz otpornik koji je zajednički za odašiljače oba tranzistora. Pošto se struja kroz desni tranzistor uvećava mnogo sporije nego što struja kroz levi tranzistor opada, ukupna struja kroz otpornike će opasti, kao što će opasti i napon na njihovim tačkama kontakta. Ovo će imati isti efekat kao i kada na kratko povežemo odašiljač desnog tranzistora sa negativnim polom baterije. Kako je napon na klizaču potencijometra ostao nepromenjen, desni

tranzistor će se momentalno otvoriti, levi zatvoriti, a LED anoda će prestati da svetli. Ako okrenete potenciometar u suprotnom pravcu, ceo proces će biti ponovljen u suprotnom pravcu.

Ovo strujno kolo se naziva Šmitov okidač.

Slika 90

91. PULSIRAJUĆE SVETLO

Kod ovog strujnog kola koristimo Šmitov okidač. Što više struje teče kroz strujno kolo, ono će imati manji otpor i obrnuto.

Slika 91

Ako strujno kolo prikazano na dijagramu konektujemo za bateriju, sijalica neće svetleti.

Kao prvo, kondenzator je prazan. Kroz prazan kondenzator, struja će teći do baze. U isto vreme kondenzator će se puniti i napon na kontaktnim tačkama će se povećati. To znači da će napon između baze i odašiljača postepeno opadati. U nekom trenutku, napon na bazi će biti tako nizak da će se tranzistor zatvoriti. Ovo će poslužiti kao okidač za proces koji je napred naveden kao strujno kolo Šmitov okidač. Drugi tranzistor će se otvoriti i sijalica će svetleti.

Struja takode teče kroz otpornik od $56k\Omega$. To će prouzrokovati napon na kontaktnim tačkama. To će takode prouzrokovati da napon između baze prvog tranzistora i pozitivnog pola baterije opada. Elektrolitički kondenzator će se sada isprazniti kroz otpornik od $1k\Omega$ i podesivi otpornik. Kada je napon dovoljno nizka (ili kada je napon između baze i odašiljača prvog tranzistora dovoljno visok), prvi tranzistor će se otvoriti i to će biti okidač za promenu statusa strujnog kola. Sijalica će svetleti.

Sa potenciometrom od $47k\Omega$, možemo regulisati meru pražnjenja kondenzatora. To takode znači da potenciometrom možemo regulisati frekvenciju celog strujnog kola.

92. REGULACIJA FRIŽIDERA

Sećate li se prekidača koji je osetljiv na toplotu, a koji je ranije opisan u ovoj knjizi? Sličan prekidač se može koristiti za regulisanje frižidera. Problem je u tome što će se uključivanje i isključivanje motora frižidera dešavati na skoro jednakoj temperaturi. Posledica toga je da će motor veoma često biti uključivan i isključivan, što za frižider neće biti dobro. U ovom strujnom kolu, integrisana su dva strujna kola: prekidač osetljiv na struju i električni prekidač sa histerezom. Okrenite potenciometar tako da zelena LED dioda slabo svetli. Crvena dioda će biti isključena. Dodirnite termistor prstima ili lagano dunite topao vazduh. Zelena dioda će početi da sija intenzitetom koji se uvećava, na određenoj tački, a crvena dioda će početi da svetli. Ostavite termistor da se ohladi ili duvajte u njega da bi se ohladio brže. Svetlo zelene diode će opadati, a crvena će se potpuno ugasiti. Regulacijom potenciometra kontrolišemo temperaturu na kojoj se sve to dešava. Intenzitetom svoje svetlosti, zelena LED anoda signalizira kada temperatura počinje da raste. Umesto crvene LED diode, možemo da instaliramo jedan relej koji će uključivati motor frižidera. Usled histereze, motor će raditi na nešto višoj temperaturi od one na kojoj je bio uključen, što je upravo ono što želimo. Ako slušate frižider, primetićete da se motor uključuje na neko vreme i onda prestaje da radi. Temperatura u frižideru je pala za stepen ili dva. Kako temperatura raste, motor će se ponovo uključiti.

Slika 92

93. STEPENIŠNO SVETLO

Kod ovog strujnog kola, koristimo Šmitov okidač. Zašto je ovo strujno kolo bolje od prekidača koji na kratko uključuje aparat?. U slučaju prekidača, napon a izlazu je postepeno opadao, dok je kod ovog strujnog kola napon konstantan i prestaje u trenutku. Tako LED anoda svetli istim sjajem sve vreme dok je uključena.

U prethodnom eksperimentu smo koristili potenciometar da testiramo funkcionisanje strujnog kola. U ovom primeru, imamo kondenzator na izlazu strujnog kola, koji se puni preko otpornika od $100k\Omega$. Kada se kondenzator puni, desni tranzistor je otvoren i strujno kolo je isključeno. Pritisnite prekidač. Desni tranzistor će se momentalno zatvoriti i LED anoda će svetleti.

Kondenzator će početi da se puni. Kako se napon na kontaktima uvećava, struja do baze prvog tranzistora će se takode povećati. Ovo će predstavljati okidač za proces opisan u prethodnom slučaju. Posle nekog vremena, status strujnog kola će se izmeniti i LED anoda će se isključiti.

Slika 93

94. SIMETRIČNI ASTABILNI MULTIVIBRATOR

Nekada nam je potreban signal na koji će se dva svetla naizmenično uključivati i isključivati. Dobar primer je semafor na raskrsnici.

Strujno kolo koje sledi je primer kako se to može uraditi. To strujno kolo se naziva astabilni multivibrator.

Slika 94

Kako ovo strujno kolo radi? Da pojednostavimo opis, otpornici imaju obeležja R1, R2, R3 i R1, kondenzatori C1 i C2, tranzistori T1 i T2, a LED anode D1 i D2. Dok proučavamo ovaj opis, pratite ovo strujno kolo na dijagramu.

Hajde da zamislimo da smo strujno kolo povezali sa izvorom struje. Leva strana strujnog kola je ista kao desna strana na dijagramu, ali u praksi ne postoje dva apsolutno jednaka elementa. Dakle, hajde da pretpostavimo da kada smo strujno kolo povezali sa izvorom struje, a da je struja raspodeljena tako da malo više struje teče do baze sa oznakom T1 nego do baze T2. To će uzrokovati da se T1 otvori. Napon između kolektora i odašiljača sa oznakom T1 će biti veoma nizak. Leva LED anoda će svetleti. Električna struja koja teče kroz R2 će puniti elektrolitički kondenzator C1. U isto vreme, T2 će biti zatvoren i možemo se pretvarati da i ne postoji u strujnom kolu. Desna tačka kontakta C2 je povezan za pozitivan pol baterije preko otpornika R4 i LED anodu. Leva tačka kontakta je konektovan za bazu T1. C2 se puni tako da je pozitivna struja na njegovoj desnoj strani.

Posle nekog vremena, C1 će biti dovoljno pun da struja može teći do baze T2. Tranzistor će se otvoriti i njegov otpor će biti mali. Napon između kolektora i odašiljača T2 će praktično biti nula. Napon na levoj tački kontakta C2 će biti manji nego na desnoj.

Ovaj napon je sada isuviše mali za T1, i struja će momentalno prestati da teče do baze. T1 je sada zatvoren, a T2 otvoren, a desna LED anoda svetli. Kondenzator C2 se puni preko otpornika R3, tako da je njegova leva tačka kontakta pozitivna. Ukratko, uloge tranzistora su se vratile unazad reverzovale.

Ovaj proces se stalno ponavlja, i diode D1 i D2 alternativno svetle. Možemo izračunati koliko dugo vremena će diode svetleti.

Leva LED anoda D1 će svetleti:

$$t_1 = 0,7 \cdot C_1 \cdot R_2$$

a desna

$$t_2 = 0,7 \cdot C_2 \cdot R_3.$$

Ako su levo i desno strujno kolo jednaki, diode će svetleti jednak vremenski period. Dijagram pokazuje da kondenzatori imaju kapacitet od 100 μF ili 0,0001F a otpornici 22k Ω or 22.000 Ω .

Ako upotrebimo jednačinu za izračunavanje intervala, videćemo da će svaka dioda svetleti otprilike:

$$t = 0,7 \cdot 0,0001 \cdot 22.000$$

što je:

$$t = 1,54 \text{ s.}$$

Svaka dioda će svetleti otprilike sekundu ipo.

95. PROMENE U FUNKCIONISANJU ASTABILNOG MULTIVIBRATORA

Već smo rekli da će LED anode svetleti jednako vreme ako su levo i desna strana strujnog kola jednake. Neka i oba kondenzatora ostanu jednaka. Ako promenimo dva centralna otpornika, vreme svetla dioda će se drastično promeniti. Videli smo da diode svetle fiksirani vremenski interval koji je jednak:

$$t_1 = 0,7 \cdot C \cdot R_2$$

i

$$t_2 = 0,7 \cdot C \cdot R_3.$$

Ako su kondenzatori isti, diode će svetleti ukupno:

$$t = t_1 + t_2$$

ili

$$t=0,7 \cdot C \cdot R_2 + 0,7 \cdot C \cdot R_3.$$

Ukupno vreme će tada biti

$$t=0,7 \cdot C (R_2 + R_3)$$

Kod ovog strujnog kola, otpornik R2 je 2,2kΩ i deo otpora potenciometra između levog kontakta i klizača, dok je R3 5,6kΩ i deo otpora potenciometra između desnog kontakta i klizača. Ukupan otpor otpornika R2 + R3 će uvek biti isti, bez obzira na poziciju potenciometra. To znači da potenciometrom možemo regulisati odnos između svetlećih intervala dioda, dok ukupno vreme ostaje isto.

Slika 95

96. REGULATOR SVETLA SA MULTIVIBRATOROM

U ovoj knjizi svmo već smo opisali regulator svetla. Tu smo kontrolisali intenzitet svetla promenom napona na kontaktima sijalice. Ovaj metod regulacije se ne može koristiti za svetla koja ne mogu da funkcionišu na nižem naponu. Dobar primer takvih svetala su svetla sa fluorescentnim cevima. Kod ovih svetala, eksploatišemo njihovu osobinu da se mogu ponovo uključiti kada su bili isključeni, ako vreme između uključivanja i isključivanja nije predugo.

Hajde da pretpostavimo da takvo svetlo uključujemo i isključujemo u kratkim intervalima. Zbog prirode ljudskog oka, nećemo čak ni primetiti da se svetlo isključilo. Mi određujemo interval. Ako u okviru tog intervala promenimo vreme tokom koga

Slika 96

će svetlo biti uključeno, to ćemo registrovati kao promenu intenziteta svetla.

U tu svrhu, upotrebićemo multivibrator opisan u prethodnom eksperimentu. Intervali između uključivanja i isključivanja ne bi trebali da budu dugi kao kod prethodno opisanog primera. Umesto kondenzatora od 100μF koristite kondenzator od 10nF. Njegov kapacitet je hiljadu puta manji, a LED lanoda će pulsirati hiljadu puta brže. Pulsiranje se neće čak ni primetiti. Kada okrenete potenciometar, dužina vremena svetla LED anoda će se promeniti i vi ćete imati osećaj da se promenio intenzitet svetlosti anoda.

97. PROMENA RADNE FREKVENCIJJE JEDNOG ASTABLNOG MULTIVIBRATORA

Brzina, ili frekvencijija, kod astable multivibrator se može promeniti zamenom jednog ili oba njegova centralna otpornika. Ako želite da promenite radnu frekvencijiju, morate promeniti frekvencijiju oba otpornika. To se može jednostavno uraditi parcijalnim povezivanjem otpornika. Dobijate strujno kolo prikazano na dijagramu.

Okretanjem potenciometra levo i desno, radna frekvencijija multivibratora će se promeniti dok je odnos perioda svetlosti dioda ostao nepromenjen.

Slika 97

98. SENZORI ZA KOLA

Korišćenjem multivibratora, možemo napraviti strujno kolo koje upravlja senzorima za pravac u automobilu. Kako vozač mora znati da li su senzori uključeni, obično postoji i zvučni signal koji ga prati. U strujnom kolu koje je ovde prikazano, postoji zvučnik koji je instaliran da služi u ove svrhe. Sa spikera čućete zvuk krckanja u skladu sa senzorima.

Slika 98

99. PODEŠAVANJE RADNE BRZINE BRISAČA

Neki automobili imaju mogućnost regulisanja brzine brisača. Ako kiša nije prejaka, to može biti korisno. Ako je kiša slaba, šoferšajbna će biti suva i brisači će brisati skoro suhu površinu. Zbog toga će preskakati neke delove, kojom prilikom će praviti neprijatnu buku.

Slika 99

Ako posmatrate brisače dok rade, primetićete da je vreme za jedno „brisanje“ preko šoferšajbne fiksirano. Za to vreme, motor brisača se mora isključiti. Vreme između brisanja je proizvoljno.

Da bi se regulisalo vreme između dva brisanja, možemo koristiti astabilni multivibrator kod koga ćemo zameniti jedan od centralnih otpornika.

Drugi centralni otpornik je određen da održava motor u radu dovoljno dugo da brisači mogu da pređu preko šoferšajbne i nazad. Ako okrenete potencijometar, interval između brisanja će se promeniti.

Umesto LED anode i otpornika od $1k\Omega$ možemo povezati jedan relej koji bi uključivao i isključivao motor brisača.

100. ELEKTRONSKI METRONOM

Ukoliko ste ikada imali neki ozbiljan kontakt sa muzikom, sigurno znate koliko je ritam važan. Tokom vežbanja, muzičari koriste metronom kojima tik-tak ritam. Mora postojati mogućnost regulisanja rada metronoma, jer on nije isti za, recimo, živahnu polku i lagani valcer.

Slika 100

U našem slučaju, za sklapanje metronoma smo koristili jedan astabilni multivibrator. Za razliku od klasičnih metronoma koji proizvode samo zvuk, ovaj takođe daje i prigušene signale. Stoga ga možemo videti sa udaljenosti ili ga možemo koristiti za veoma glasnu muziku, koja sprečava da se zvuk metronoma čuje.

101. MULTIVIBRATOR I ZVUČNIK SA ZUJALICOM

Odgovarajućim odabirom kondenzatora i otpornika, možemo napraviti jedan multivibrator koji će oscilirati na frekvenciji koju je moguće čuti. Povezati ćemo jedan konektoračemo serijski povezani zvučnik i otpornik između kolektora jednog od tranzistora i pozitivnog pola baterije.

Slika 101

Ako smatrate da je neki zvuk isušve slab, možete otpornik od $1k\Omega$ zameniti sa onim od 270Ω .

Pritisnite prekidač. Okrenite potencijometar sve dok ne čujete željeni zvuk.

102. ZUJALICA ZA PROUČAVANJE TELEGRAFIJE

Morzeova telegrafija je nekada bila jedino sredstvo prenosa poruka na velikoj udaljenosti. Zbog značaja koji je imala u ono vreme, ovaj oblik telegrafije je naziv dobio po svom pronalazaču, Samuelu Morzeu.

Sa napretkom tehnologije, ona gubi svoj značaj, ali je još uvek vrlo korišćena među radio amaterima.

Ako ste zainteresovani, može vam biti od koristi da naučite Morzeovu azbuku. Da biste je naučili, možete koristiti zujalicu. Za zujalicu upotrebite multivibrator. Ovde nije važno kako ćete pozicionirati potencijometar da biste regulisali teren. Dugme sa kojim uključujete multivibrator se može koristiti za lupanje Morzeove azbuke. Prilikom lupanja Morzeovih slova, držite se pravila da jedna crta može da traje period od tri tačkice, između delova koda (tačkice i crtice), interval je dug za jednu tačku, a između pojedinačnih kodova interval je tri tačke.

Slika 102

Morzeova azbuka

A - .	J . - - -	S . . .	1
B -	K - . . .	T -	2
C -	L	U	3
D - . . .	M - . . .	V	4
E .	N . . .	W	5

F	O	X	6
G	P	Y	7
H	Q	Z	8
I	R		9
			0

103. MAŠINSKA PUŠKA

Kod mašinske puške, zvuk njenog pučnja se čuje u pravilnim intervalima. U našem slučaju, imitiraćemo zvuk mašinske puške uz pomoć jednog astabilnog multivibratora kod koga će funkcionisanje jednog tranzistora prouzrokovati zvuk a funkcionisanje drugog tranzistora će odrediti vremenski period između dva zvučna izveštaja.

Slika 103

Kod ovog strujnog kola, desni kondenzator je keramički a levi elektrolitički. To stvara odnos od nekoliko stotina između vremenskog intervala otvaranja levog i desnog tranzistora.

Kada povežemo astabilni multivibrator za izvor struje, trebaće da prodje neko vreme pre nego što se kondenzatori počnu puniti i strujno kolo počne da radi. Da bi multivibrator funkcionisao na željeni način, odmah po pritisku prekidača, videli smo jedan različiti sistem za uključivanje multivibratora. Kada pritisnete prekidač, jak zvuk mašinske puške će se momentalno čuti sa spikera.

104. ALTERNATIVNO UKLJUČIVANJE I ISKLJUČIVANJE APARATA

Zamislite da u procesu proizvodnje koristite presu. Nekada presa mora biti otvorena, a nekada zatvorena. Tokom procesa proizvodnje, presa radi i stalno se otvara i zatvara. Kontrolno strujno kolo mora da obezbedi stabilan status u obe krajnje pozicije, ali takođe mora da omogućiti i njihovu promenu.

Kao kod prethodnog eksperimenta, upotrebimo jedan astabilni multivibrator kao strujno kolo koje se desli sa dva. U tom slučaju, okidač je pritisak okidača i on startuje struju da teče od pozitivnog pola baterije do baze tranzistora koji je trenutno zatvoren. Status strujnog kola se menja.

Kada je dugme prekidača na kontaktu, strujno kolo predstavlja jedan astabilni multivibrator. To je, u stvari, slučaj. Ako održite pritisak na dugmetu prekidača, sijalica će početi da pulsira. Kada ga otpustite, pulsiranje će prestati. Pritisak na dugmetu prekidača za vreme koje je kraće od vremena tokom koga je tranzistor u astabilnom multivibratoru otvoren, će minimalno izmeniti status multivibratora.

105. ELEKTRONSKA ZAŠTITA SA ZVUČNIM SIGNALOM

Sećate li se elektronske zaštite opisane u ovoj knjizi? U tom slučaju, LED anoda se palila kada je alarm startovan. U ovom slučaju, čuće se zvuk.

Slika 104

Strujno kolo je u stvari jedan astabilni multivibrator, koji radi na audio frekvenciji. U ovo strujno kolo mora biti ubačen žičani spoj, koji će uzrokovati kratak spoj između baze i odašiljača jednog od tranzistora. Ako se konekcija prekine, multivibrator će početi da radi i čuće se zvuk sa spikera.

Kratak spoj je namerno napravljen na levom tranzistoru. Usled ovog kratkog spoja, drugi tranzistor će biti otvoren. Između kolektora i pozitivnog pola baterije stoji otpornik od $1k\Omega$. Na levoj strani je otpornik od 270Ω i zvučnik otpora od samo nekoliko oma. Usled toga, više struje će teći kroz levi nego kroz desni tranzistor ako prethodni bude stalno otvoren. To će veoma brzo isprazniti bateriju.

Slika 105

Kako ne znamo kada će se alarm isključiti, razumno bi bilo štedeti snagu baterije. Već ste naučili da sklopite alarm koji će vas upozoravati da su vrata otvorena. Takvi alarmi se mogu videti u radnjama. Kada neko otvori vrata, čuje se zvuk, koji prestaje kada se vrata zatvore.

Uklopite rid prekidač na dovratnik veoma blizu vrata i magnet na sama vrata. Kada su kontakti rid prekidača kontaktovani usled blizine magneta, alarm će se isključiti. Kada neko otvori vrata, spojevi rid prekidača će prekinuti vezu, strujno kolo će početi da funkcioniše i čuće se zvuk sa spikera.

106. ELEKTRONSKA ZAŠTITA SA SVETLOSNIH SIGNALOM

U ovom slučaju, alarm će signalizirati pulsirajućim svetlom. Strujno kolo je u principu slično prethodnom. Kako pulsiranje mora imati nisku frekvenciju, ovaj multivibrator je napravljen da funkcioniše na niskim frekvencijama. Zbog toga se u ovom strujnom kolu koriste elektrolitički kondenzatori. Okidač je isti kao u prethodnom slučaju.

Slika 106

107. SVETLOSNI ALARM ZA SIGNALIZIRANJE NIVOVA VLAGE

Kod ovog alarma, senzor vlage je serijski povezan za desni centralni otpornik.

Slika 107

Slika 108

Kada je senzor suv, njegov je otpor veliki i električna struja neće teći kroz njega.

Kada senzor postane vlažan, njegov otpor će opadati i kroz njega će teći količina struje koja je dovoljna da stavi multivibrator u funkciju. LED anoda u strujnom kolu kolektora levog tranzistora će početi da pulsira. Alarm neće funkcionisati u slučaju tečnosti koje ne provode električnu struju.

108. ZVUČNI ALARM ZA SIGNALIZIRANJE VLAGE

U prethodnom kolu, diodu i otpornik od $1k\Omega$ zamenite zvučnikom, a kondenzator kapaciteta $100\mu F$ zamenite kondenzatorima kapaciteta $47nF$ i $100nF$. Tako ćete dobiti strujno kolo koje će slati zvučno upozorenje kada se senzor vlage osuši.

109. ZAŠTITA CVEĆA

Ljubitelji cveća znaju koliko je važno zalivati cveće u pravom trenutku. Isuviše vode nije dobro za cveće, jer isuviše vlage oštećuje korenje. Strujno kolo prikazano na dijagramu će pulsirajućom diodom signalizirati da je zemlja u saksiji suva i da cveće treba zaliti.

Strujno kolo je ustvari astabilni multivibrator koji ne može da funkcioniše zbog dodatnog otpornika. Otpornik je zemlja između dve žice koje su u nju zabodene. Kada je zemlja suva, otpor između dve žice će biti veliki i to neće uticati na funkcionisanje multivibratora. Kada se cveće zalije i zemlja je vlažna, otpor između žica će biti tako mali da multivibrator neće funkcionisati. Kako se zemlja bude sušila, otpor između žica će rasti. Multivibrator će početi da funkcioniše. Najpre, brzina pulsiranja LED anode će biti mala, ali kako se zemlja bude sušila, pulsiranje će se ubrzati do maksimuma.

Slika 109

110. AKUSTIČNE IGRAČKE

Mala deca uživaju da se igraju sa igračkama koje proizvode zvuke, kao što su zvečke, pištaljke, bubnjevi, itd. Igračke koje ovde opisujemo bi ih verovatno takođe usrećile.

Slika 110

Ovo je astabilni multivibrator koji funkcioniše na frekvenciji koju je moguće čuti. Senzor vlage je paralelno konektovan za jedan od otpornika što određuje funkcionisanje astabilnog multivibratora. Kada se senzor dodirne rukom ili prstom, otpor će se promeniti. Posle dodira, otpor će opasti. Paralelna konekcija otpornika od $100k\Omega$ i senzora vlage će tada imati manji otpor.

Frekvencija multivibratora će se povećati.

Dodirivanjem i držanjem senzora, izazvaćete da igračka ispušta zanimljive zvuke.

111. SIRENA ALARMA SA DVA TONA

Verovatno ste čuli sirenu alarma sa dva tona. U našem primeru, to je jedan astabilni multivibrator sa varijabilnom frekvencijom. U ove svrhe, možemo jednom otporniku, koji određuje funkcionisanje multivibratora dodati drugi otpornik koji se konektuje pritiskom na dugme. Time će se povećati otpor i frekvencija multivibratora kada je dugme pritisnuto.

Otpornik koji će biti povezan za strujno kolo pritiskom na prekidač, sastoji se od otpornika od $22k\Omega$ i potenciometra. Kada je dugme pritisnuto, viši ton se može podesiti okretanjem potenciometra, tako da vam odgovara odnos višeg i nižeg tona.

Slika 111

Otpornik od Ω je tu u slučaju da otpor potenciometra promenite i on bude nula, u kom slučaju će veoma jaka struja krenuti ka bazi levog tranzistora, i tako ga trajno oštetiti. Kod ovog strujnog kola, promena tona se postiže pritiskom na dugme prekidača. Umesto da to sami uradite, ovaj „pritisak na dugme“ može obaviti jedan astabilni multivibrator koji funkcioniše na frekvenciji koja je jednaka frekvenciji promene tona.

112. ALARM SIRENE

Vatrogasna kola često imaju sirene sa zavijajućim zvukom. Te sirene pokreće elektromotor. Dijagram prikazuje elektronsku varijaciju sirene koja proizvodi sličan zavijajući zvuk.

Slika 112

Ovo strujno kolo je u stvari jedan astabilni multivibrator koji funkcioniše na frekvencijama koje je moguće čuti. Struja se, azdelnika napona, koji se sastoji od otpornika od $2,2k\Omega$ i jednog elektrolitičkog kondenzatora, dovodi do baze levog tranzistora preko otpornika od $22k\Omega$. Kada strujno kolo povežete sa baterijom, multivibrator će početi da funkcioniše i uskoro će se sa spikera čuti zvuk. Elektrolitički kondenzator će biti prazan i više neće uticati na strujno kolo. Pritisnite prekidač. Elektrolitički kondenzator će se puniti preko otpornika od $2,2k\Omega$. To će izazvati voltažu na kontaktnim tačkama. Nešto struje će teći do baze preko otpornika od $2,2k\Omega$ i $22k\Omega$. Time će se blago otvoriti tranzistor. Radna brzina astabilnog multivibratora će se promeniti i sada će ton biti viši. Otpustite dugme prekidača. Napunjeni kondenzator će početi da se prazni preko otpornika od $2,2k\Omega$ tako da će struja teći do baze na levom tranzistoru. Najpre, kondenzator će se prazniti brzo, a onda sve sporije. Kako se kondenzator bude praznio, frekvencija multivibratora će opadati. To će se čuti kao zavijajući zvuk.

113. ZVUK KOJI SIGNALIZIRA PAD TEMPERATURE

Zamislite šta se može dogoditi ako temperatura padne, naprimer, na jednoj farmi pilića. Kada bi se to dogodilo, pilići bi uginuli i bi bila prouzrokovana velika šteta. Preporučljivo je da postoji senzor - indikator temperature u kontrolnoj prostoriji. Svetlosni signal bi mogao da ukazuje da je temperatura normalna. Međutim, mžda svetlosna indikacija pada temperature ne bi bila dovoljna, jer možda niko ne bi primetio pulsirajuće svetlo. Stoga bi bilo opravdano instalirati zvučni signal.

Prekidač osetljiv na temperaturu koji smo već opisali ovde može da uključi neko drugo strujno kolo ili aparat. U slučaju koji je ovde opisan, osetljivi prekidač bi uključivao izvor zvuka, što bi bio multivibrator sa zvučnikom.

Kada je temperatura visoka, termistor ima niži otpor. Na ukrštanju prenosnika, koji se sastoji od termistora i potenciometra, napon bi bio dovoljno visok što bi omogućilo da struja teče do baze tranzistora i otvori ga. Tranzistor sada ima manji otpor i povezan je sa multivibratorom tako da blokira njegov rad. To se postiže izazivanjem kratkog spoja sa negativnim polom baterije na odgovarajućem mestu unutar multivibratora. LED anoda će svetleti, indikujući visoku temperaturu.

Kako temperatura počinje da opada, otpor termistora će se povećavati a napon na ukrštanju razdelnika napona će opadati. Tako će manje struje teći do baze prvog tranzistora. Tranzistor će se polako zatvoriti i njegov otpor će rasti. Njegov uticaj na multivibrator će biti manji, i multivibrator će početi da funkcioniše. Na početku, njegova radna frekvencija će biti niska, ali kako temperatura bude dalje padala, radna frekvencija će rasti. Što je temperatura niža, ton je viši. Između kolektora prvog tranzistora i tranzistora od $1k\Omega$ stoji jedna LED anoda. Ona nije neophodna za funkcionisanje strujnog kola, ali može poslužiti kao vizuelni indikator temperature. Kako temperatura pada, LED anoda će manje svetleti.

Rekli smo da se razdelnik napona sastoji od termistora i potenciometra koji je povezan kao jedan podesivi otpornik. Temperatura na kojoj će se alarm isključiti zavisi od pozicije klizača potenciometra.

Slika 113

Da bismo proverili kako strujno kolo funkcioniše, okrenite potenciometar tako da LED anoda svetli, a onda ga okrenite na drugu stranu sve dok svetlo diode ne nestane. Prstima zagrejte termistor. LED anoda će sijati. Dignite u termistor da ga ohladite. LED anoda će prestati da svetli i spiker će proizvesti neki zvuk.

114. KAKO SPREČAVAMO DA DIREKTNJA STRUJA PROLAZI KORZ ZVUČNIK

Kod gore opisanog strujnog kola, pulsirajuća direktna struja prolazi kroz spiker. Šta ćemo uraditi ako želimo da kroz njega prolazi samo naizmenična struja? Da bismo to postigli, koristimo kondenzator.

Dijagram koji sledi pokazuje način na koji možemo da povežemo zvučnik. Napon na kolektoru desnog tranzistora jasno pulsira. Između odašiljača i kolektora, napon varira između 0V kada je tranzistor otvoren i 9V kada je zatvoren.

Slika 114

Upotrebom kondenzatora omogućićemo da samo naizmenična struja teče u spiker jer će kondenzator provoditi samo naizmeničnu, ali ne i direktnu struju.

115. ZVUČNIK IZMEĐU DVA KOLEKTORA

Više puta smo spomenuli da kod multivibratora napon između odašiljača i kolektora varira između 0V i 9V. To se dešava na oba tranzistora. Ali koji je odnos napona kolektora dva tranzistora?

Kada je jedan tranzistor otvoren, drugi je zatvoren. Tako će napon na kolektoru jednog tranzistora prema negativnom polu baterije biti 0V, a na drugom 9V. Hajde da pretpostavimo da je levi tranzistor otvoren, a desni zatvoren. Tada će napon između oba kolektora biti:

$$U = 9V.$$

Kada tranzistori zamene uloge, napon na tranzistorima će se promeniti. Sada će napon između kolektora levog tranzistora i negativnog pola baterije biti 9V i na desnom 0V. Napon između kolektora će ponovo biti 9V, ali u suprotnom smeru. Sada je napon između oba kolektora:

$$U = -9V.$$

Slika 115

Ako posmatramo napon na jednom kolektoru, on se menja za 9V. Ako posmatramo napon na oba kolektora simultano, ona se menja sa +9V na -9V. Promena napona je dvostruka!

U određenim slučajevima, povezivanje opterećenja između kolektora tranzistora ima svoje prednosti. Ovde je značajno da opterećenje nije toliko da sprečava funkcionisanje strujnog kola.

Otpor zvučnika je veoma niza i direktna struja će teći kroz njega. Između kolektora oba tranzistora, otpor će biti mali, što može zasutaviti funkcionisanje strujnog kola. Da bi se to izbeglo, mi smo serijski konektovali kondenzator za spiker.

116. STRUJNO KOLO ZA PROIZVODNJU NEGATIVNE STRUJE

Nekada je neophodno, za neke potrebe, da imamo negativnu struju u strujnom kolu. Najjednostavniji pod da se ona dobije je dodatna baterija uz onu koja napaja strujno kolo, koja se može koristiti kao izvor negativne struje. Ovim korišćenje takvog strujnog kola postaje mnogo skuplje, jer sada imamo dve baterije umesto jedne.

Ako je potrošnja struje iz baterije koja daje negativni napon mala, možemo sklopiti strujno kolo koje će dati negativnu struju na njenom izlazu. To čini da je celo strujno kolo mnogo skuplje, ali će se to isplatiti u smislu štednje baterije za negativnu struju.

Slika 116

Da bi proizveli negativan napon, neophodna nam je alternativna struja. U našem strujnom kolu, koristimo jedan astabilni multivibrator za proizvodnju naizmenične struje.

Naizmjenična struja teče kroz provodnik najpre u jednom pa u drugom pravcu. Napon između kolektora, na primer, desnog tranzistora u multivibratoru, i negativnog pola baterije se menja: kada je tranzistor otvoren, skoro da je nula, a kada je zatvoren, skoro da dostiže napon baterije. Ova struja nije naizmjenična, ali pulsira.

Već smo videli da naizmjenična struja može teći kroz kondenzator, dok direktna ne može. Stoga možemo eliminisati pulsiranje direktne struje korišćenjem kondenzatora. Taj princip je korišćen u našem strujnom kolu. Kondenzator je konektovan za kolektor desnog tranzistora, kroz koji naizmjenična struja teče do multivibratora. Ova struja teče kroz dve LED anode koje su okrenute u suprotnom pravcu. Kada je strujno kolo konektovano za bateriju, obe diode će svetleti. Ovo dokazuje da naizmjenična struja prolazi kroz

Slika 117

kondenzator. Kada struja teče od kondenzatora do negativnog pola baterije, teče kroz zelenu LED anodu. Kada ona teče u suprotnom pravcu, teče kroz crvenu diodu i otpornik od 100k Ω . Ova dioda i otpornik su deo strujnog kola kome je neophodan negativan napon.

Umesto zelene LED anode, u ovom strujnom kolu možemo upotrebiti običnu (1N4004).

Ponovo moramo istaći da strujno kolo koje zahteva negativnu struju ne bi trebalo da troši isuviše struje.

Ako niste sigurni da da multivibrator funkcioniše, možete konektovati spiker između bilo koga otpornika od 1k Ω i pozitivnog pola baterije.

117. IMPROVED CIRCUIT FOR PRODUCING NEGATIVE

CURRENT – POPRAVLJENO STRUJNO KOLO ZA PROIZVODNJU NEGATIVNE STRUJE

Usmerena struja dobijena sa jedne diode ne može biti veća od maksimalnog nivoa naizmjenične struje.

Umesto crvene LED anode, možete ubaciti strujno kolo kome je za funkcionisanje potrebna negativna struja.

Ako je negativna struja dobijena iz gore opisanih strujnih kola koja su isuviše mala, možemo upotrebiti strujno kolo koje duplira usmerenu negativnu struju za dobijanje negativne direktne struje. To strujno kolo se pravi korišćenjem dve diode i dva kondenzatora. U strujnom kolu, koristi se zelena LED dioda umesto obične diode.

118. JOŠ JEDAN GENERATOR ZVUKA

Sa dva tranzistora možemo sklopiti generator zvuka koji nije multivibrator i radi na različitom principu. Da bi funkcionisalo, strujnom kolu je neophodna povratna sprega struje. Povratna sprega struje je spoj u strujnom kolu kroz koju neki od signala iz izlaza puni ulaz. U ovom slučaju, strujno kolo se ponaša drugačije nego što bi se ponašalo kada povratna sprega struje ne bi postojala.

U našem primeru, imamo dva tranzistora koji čine nisu frekvencijju pojačala.

Slika 118

Preko kondenzatora od 100nF i otpornika od 100k Ω , deo signala je usmeren sa izlaza pojačavača (kolektor levog tranzistora) na ulaz (baza desnog tranzistora).

Pretpostavimo da dok napon na ulazu strujnog kola raste, na izlazu se smanjuje. Ukoliko dodamo strujno kolo koje dovodi do promena na izlazu nazad do ulaza, možemo reći da je „ovo poremećeno strujno kolo“ i ne bismo mogli da odlučimo koja bi napon na ulazu i u skladu sa time na izlazu, trebala da bude. To prouzrokuje fluktuaciju napona. Kažemo da kontura obrnute veze prouzrokuje oscilacije strujnog kola.

119. MUZIČKI INSTRUMENT

Ako izmenite vrednost otpora otpornika od 22k Ω , frekvencija oscilatora će se promeniti i čućemo jedan drugačiji zvuk sa zvučnika. Ovo će se najbolje demonstrirati ubacivanjem jednog potencijometra od 47k Ω , koji je povezan kao podesivi otpornik umesto

Slika 119

otpornika snage 22k Ω .

Već ste napravili podesivi otpornik crtanjem mekanom olovkim grafitne linije na papiru. Takav otpornik se može koristiti kod ovog oscilatora za promenu njegove radne frekvencije.

Stavite spajalicu na mjednu stranu grafitnog sloja na strujno kolu. Povežite drugo parće žice na odgovarajuće mesto u strujnom kolu i za to zakačite žabicu. Spajalicom klizite po otpornom sloju.

Kada taj sloj kasnije dodirnete, oscilator će početi da funkcioniše. Ako klizite njime, ton će se promeniti. Upravo ste sklopili jedan jednostavan muzički instrument.

120. OSCILATOR NAPRAVLJEN OD SERIJE OTPORNIKA I KONDENZATORA

Da bi smo od pojačivača napravili oscilator, potrebna nam je kontura obrnute veze koja će signal dovesti sa izlaza pojačala do njegovog ulaza. Svojstva konture obrnute veze određuju da li će strujno kolo funkcionisati kao oscilator, i ako hoće, na kojoj frekvenciji će funkcionisati. Dijagram koji sledi pokazuje drugi primer oscilatora koji je napravljen uz pomoć konture obrnute veze. Okrenite potencijometar sve dok ne čujete zvuk sa spikera. Strujno kolo za povratnu spregu je sklopljeno od serije tri kondenzatora i tri otpornika.

Kako je signal isuviše slab da bi se čuo, na strujno kolo oscilatora se dodaje niskofrekventno pojačalo koje se sastoji od jednog tranzistora.

Čućete mnogo prijatniji ton sa zvučnika u odnosu na ton sa oscilatora sa astabilnim multivibratorom. Razlog za to je što ovde opisani oscilator daje jasniji ton.

Slika 120

ZAKLJUČAK

Svaka knjiga ima svoj kraj. Ako ste stigli do kraja ove knjige, nemojte dozvoliti da to bude konačno u vašim pokušajima da proširite horizonte svog znanja elektronike i elektrotehnike. Neka ova knjiga bude uvod i vodič kroz svet elektronike, svet novih događaja, iznenađenja i nedosežnih mogućnosti.

Srećno!

KOJE ...?

U ovom poglavlju daćemo spisak nekih od naučnika koji su doprineli razvoju elektronike i elektrotehnike. Veliki broj njih je već spomenut u knjizi.

Amper, Andre Marija, Francuski fizičar (1775-1836) proučavao Erstedovo otkriće i postavio osnove elektrodinamike (nauka koja obrađuje kretanje električne struje). Svoj rad je posvetio otkrivanju tačne veze između električne struje i magnetizma. Jedinica za merenje električne struje (A) je dobila ime po njemu.

Bardin, Džon je bio američki fizičar (1909-1991) koji je, zajedno sa Balter II. Bratainom i Vilijam Šokljem dobio Nobelovu Nagradu za fiziku 1956. godine za otkriće tranzistora 1948. kao rezultat napora ova tri istraživača u Belovoj Razvojnoj Laboratoriji. Takođe je proučavao svojstva supstanci na ekstremno niskim temperaturama (supreprovodnici) za šta je dobio drugu Nobelovu Nagradu, 197. godine zajedno sa Len N. Kuperom i Džonom Šrajferom.

Bratain, Valter Hauser, američki fizičar (1902 - 1987), videti Bardin.

Edison, Tomas Alva, američki fizičar (1847-1931), jedan od najplodnijih istraživača 19. veka. U mnoštvu njegovih pronalazaka je i sijalica sa ugljenim vlaknom, fonograf (preteča gramofona) i kino projektor.

Ersted, Hans Kristian, danski filozof (1777-1851). Tokom eksperimenata koje je izveo dok je držao predavanja 1820. godine, otkrio je elektromagnetnu indukciju. Takođe je proučavao ponašanje tečnosti i gasa pod pritiskom. Bio je jako cenjen zbog svojih predavanja i eksperimenata.

Faradej, Majkl, engleski hemičar i fizičar (1792-1867), poznato kao pionir u istraživanju i eksperimentima iz oblasti elektriciteta i magnetizma. Mnogo smatraju da je on jedan od najvećih eksperimentatora ikada. Razvio je koncept linija sile – imaginarnih linija po kojima teku magnetne sile. Ovakva definicija ponašanja sile u ovoj oblasti se često i danas koristi. Jedinica kapaciteta kondenzatora (F) je ime dobila po njemu.

Henri, Džozef, američki fizičar i naučnik (1797-1878), poznat po otkriću elektromagnetske indukcije i autoindukcije. Njegovi eksperimenti na polju hemije, elektriciteta i magnetizma ukazuju na raznolikost polja koje je on proučavao. Jedinica za indukciju (H) je naziv dobila po njemu.

Herc, Hajnrih Rudolf, nemački fizičar, matematičar i inženjer (1857-1894), bio je prvi koji je rasvetlio postojanje radio talasa. Dokazao je da se radio talasi prenose brzinom svetlosti. U čast njegovog rada i rezultata, jedinica za frekvenciju (Hz) je naziv dobila po njemu.

Kelvin, Vilijam Tomson, škotski fizičar (1824-1907), predložio merenje temperature od apsolutne nule (-273.15°C). Bio je jedan od naučnika koji su postavili osnove termodinamike. Pomogao je sa projektom za prenos telegrafskih poruka iz Evrope u Američko preko podmorskog kabla. Poboljšao je svojstva čitavog niza mernih instrumenata. Jedinica za merenje apsolutne temperature (K) je ime dobila po njemu.

Kiršof, Gustav Robert, nemački fizičar (1824-1887), otkrio osnovni zakon elektromagnetne emisije, prema kome radijacija crnog tela zavisi od temperature tela i frekvencije. Jedan je od osnivača spektroskopije.

Koloumb, Šarl Augustin de, francuski fizičar (1736-1806), proučavao sile između dva tela koja se pune. Jedinica za električno punjenje (C) je ime dobila po njemu.

Leklanše, Žorž, francuski pronalazač (1839-1882), po kome su ime dobile suve baterijske ćelije. Danas, još uvek koristimo suve baterije za prenosive kućne aparate.

Morze, Samuel Finli Briz, američki glumac i pronalazač (1791-1872). Među poznavaca, čuven je po svojim minijaturama. Kao tehničar, poznat je najpre po razvoju telegrafa. Napravio je aparat za prijem poruka koje se prenose putem žice, koji je koristio elektromagnet za pritiskom penkala na traku i tako dobijemo poruku u obliku tački i linija. Takođe je izmislio azbuku koja se sastojala iz tačaka i linija.

Om, Žorž Simon, nemački fizičar (1789-1854). 1826. godine odredio je odnos voltaže, struje i otpora u zatvorenom strujnom kolu. Omov zakon, kao i jedinica za merenje otpora (Ω), su ime dobili po njemu.

Šokli, Vilijam, američki fizičar (1910-1989). Vidite pod Bardin, Džon.

Svan, Ser Džozef Vilson, britanski hemičar i pronalazač (1828-1914), bogato doprineo razvoju fotografije. U druge njegove pronalaskeske spada sijalica sa grafitnim vlaknom (1860) i dijalica sa metalnim vlaknom (1878).

Volta, Alesandro Đuzepe Antonio Anastazio, Italijanski fizičar (1745-1827), pronalazač prve električne baterije. Takođe je bio prvi koji je izolovao gas metan. Jedinica za voltu (V) je ime dobila po njemu.

GLOSAR

Ovaj glosar sadrži neke izraze koji vam možda nisu poznati. Neki od njih su dosta korišćeni u knjizi, neki manje, dok neki nisu korišćeni uopšte, ali se odnose na neke pojmove iz oblasti elektronike i elektrotehnike.

apsolutna nula – najniža moguća temperatura (-273.15°C).

akumulator – baterija, ili izvor električne struje, koji se može ponovo napuniti kada je ispražnjen. Akumulator se obično puni električnom strujom koja se dobija iz konvertora.

naizmjenična struja – struja koja teče alternativno najpre u jednom pravcu pa onda u drugom.

ampermetar - instrument za merenje električne struje

anoda – konekciona dioda koja je konektovana za pozitivni potencijal. Elektrina struja će teći kroz diodu samo ako je anoda konektovana za pozitivan pol.

astabilan – nešto je astabilno ako su njegovi statusi aktivni ali se stalno smenjuju.

AVO metar - instrument za merenje električne struje, voltaže ili otpora. Ime je dobio skraćivanjem simbola ovih vrednosti A, V i Ω.

balansirano strujno kolo – strujno kolo kod kojega je struja usmerena i podeljena na način koji liči na klackalicu (jedna strana gore, druga dole, ili uravnoteženo).

baza – konekcija tranzistora kroz koju je usmerena struja preko kone se kontroliše tranzistor.

baterija – izvor električne struje kod kojega se hemijska energija (energija koja je pohranjena u hemijskim jedinjenjima) konvertuje u električnu energiju. Kada se isprazni, baterija je beskorisna, osim ako je moguće ponovno punjenje

bestabilno – je nešto što može postojati u jednom ili dva stabilna stanja.

bit – najmanja jedinica kompjuterskog podatka. Ima dva statusa, koji su logički nazvani 1 i 0.

CD – disk na koji se podatci (including music) mogu čuvati u digitalnoj formi.

CD ROM – je uvek jedan CD na kome se snimaju kompjuterski podatci. Jedan takav disk može sačuvati podatke ekvivalentne 300,000 kucanih strana. Takođe se na njemu mogu čuvati slike, animacije, video klipovi i zvuk.

čip – miniaturna silikonska ploa na kojoj se može napraviti integrisano elektronsko strujno kolo.

Darlingtonovo strujno kolo – strujno kolo kod koga struja od odašiljača tranzistora teče direktno do baze drugog.

digitalni podatci – podatci zabeleženi sekvencama bitova.

Diagram strujnog kola – dijagram koji pokazuje kako su pojedinačni elementi strujnog kola konektovani.

Dinamo – generator direktne električne struje.

dioda – poluprovodljivi element strujnog kola kroz koji se struja provodi u jednom pravcu.

direktna struja – struja koja teče samo u jednom smeru

dugme osetljivo na dodir – senzor koji reaguje na dodir.

električni motor – aparat kojim se električna struja konvertuje u mehaničku silu.

električno punjenje – količita elektriciteta. Ako je nešto napunjeno, to znači da sadrži neizbalansiran elektricitet.

električno strujno kolo – put kojim teče elektricitet. Električna struja može teći samo ako je strujno kolo zatvoreno, npr. pozitivan pol baterije, žica kao provodnik, svijalica, druga žica kao provodnik i negativni pol baterije.

električna struja – usmereno i kontrolisano kretanje električnog punjenja.

električno polje – polje oko električnog punjenja unutar koga su aktivne električne sile.

electrolit – tečnost koja provodi električnu struju.

electrolitički kondenzator – element koji sadrži tečnost (electrolit). Takvi kondenzatori obično imaju veći kapacitet (nekoliko mikrofaraada). Za electrolitičke kondenzatore je važna orijentacija. Ako se konektuju u pogrešnom pravcu, biće momentalno uništeni.

electromagnet – u osnovi kalem kroz koji teče električna struja. Zbog svog svojstva magneta kada se poveže na elektrinu struju, naziva se elektromagnet.

elektron – subatomski deo sa negativnim punjenjem.

elektronski kompjuter – aparat sa elektronskim strujnim kolom sposoban da izvede veliki broj operacija vrlo brzo.

element – supstanca koja se sastoji samo od jednog tipa atoma.

element strujnog kola – komponenta strujnog kola.

odašiljač – kontakt na tranzistoru gde struje sa pozitivnog pola baterije kroz bazu i kolektora ukrštaju.

energija - sposobnost nečega da radi. Energija može promeniti svoj oblik: iz mehaničke u električnu (u generatoru), električna u termalnu (u peći), električna u svetlosnu (u sijalici), itd.

frekvencija - broj promena u sekundi.

generator – aparat koji transformiše mehaničku energiju u električnu. Generatori se koriste kod centrala gde se, na primer, mehanička energija vode transformiše u elektricitet.

grafit – mekani oblik ugljenika. U elektrotehnici, koristi se za otpornike i na klizećim kontaktima. Takođe je srž olovke i u mazivima za mašine.

indukcija - uticaj magneta na provodnik ili kalem u pokretu. Električna struja se indukuje da teče kroz takav provodnik ili kalemove kada se oni kreću u blizini magneta.

induktivni otpor – osobina kalema koja se meri u henrijima (H)

izolatori – supstance koje ne provode elektricitet.

integrisano strujno kolo – strujno kolo sa velikim brojem elemenata (npr. tranzistori, otpornici, diode) koji su koncentrisani silikonskom čipu. Kompleksna integrisana strujna kola mogu se sastojati od nekoliko miliona tranzistora.

kapacitet – svojstvo kondenzatora. Izražava se u faradejima (F)

kondenzator - element strujnog kola u kome se čuva električna struja tako da valtaža na kontaktima ostaje nepromenjena. Kondenzator se odupire promenama voltaže na kontaktima.

katoda – kontakt diode koji je konektovan za negativan pol. Struja će teći kroz diodu samo kada je katoda konektovana za negativan pol.

kalem – electrolitički provodnik umotan u spiralu da bi pravio induktivan otpor ili magnetno polje.

kulon – jedinica za merenje količine električnog punjenja .

kompakt disk –videti CD

kompjuter – aparat sposoban da procesira podatke ili da izvodi različite operacije sa podacima (npr. raunanje).

konvertor – aparat koji konvertuje naizmeničnu u direktnu struju.

laser - (skraćenica za Light Amplification by Simulated Emission of

Radiation=Povećanje svetlosti simulacijom emisije radijacije) je aparat koji emituje jedva dovoljan jak snop svetlosti u samo jednoj boji.

LED - (Light Emitting Diode=Dioda koja emituje svetlost) svetlosna dioda

magnet – materija koja privlači predmete od gvožđa, kromita i nikla.

magnetno polje – oblast koja okružuje magnet.

mikrofon - aparat u kome se energija proizvedena zvukom transformiše u elektricitet.

mikroprocesor – vrlo kompleksno integrisano strujno kolo sa velikim brojem logičkih strujnih kola. Odabirom statusa (komandi) na određenim konekcijama, moguće je „komandovati“ strujnim kolum da uradi nešto sa statusom (podacima) koji su locirani na nekim drugim konekcijama. Mikroprocesori su u stvari „mozak“ kompjutera.

molekule – najmanja količina substance koja i dalje ima osobine te substance.

monostabilan – nešto (npr.strujno kolo) koje ima samo jedno stabilno stanje. Ako to stanje promenimo nekom radnjom spolja, vrtićemo ga u njegovo originalno, stabilno stanje.

nisko – frekventni signal – signal koji je moguće čuti, a to je između 16 Hz i 20,000 Hz.

NPN tranzistor - tranzistor koji funkcioniše normalno kada je njegov kolektor konektovan za pozitivan pol a odašiljač za negativan pol.

NTC - (negativan temperaturni koeficijent) je termistor kod koga otpor opada kako temperatura raste.

ohmmeter – instrument za merenje otpora.

oscilator – strujno kolo koje proizvodi naizmeničnu struju.

otpor - osobina otpornika. Izražava se u omima (Ω)

otpornik - element strujnog kola koje sprečava tok električne struje. U njemu, električna struja se pretvara u toplotu.

PNP tranzistor - tranzistor koji funkcioniše normalno kada je njegov odašiljač konektovan za pozitivan pol a kolektor za negativan pol.

pojačalo - strujno kolo koje pojaava električne signale.

pol – strana magneta na kojoj je uticaj magnetnih sila najjači.

poluprovodnik – substance koja ima osobine i provodnika i izolatora. Ako se obrate i koriste na pravi način, postaju provodnici.

potencijometer – otpornik sa podesivim otporom. Konektovan je za strujno kolo tako da su oba kontakta otpornika i klizača konektovana.

prekidač – element strujnog kola sa kojim možemo diskonektovati strujno kolo.

razdelnik napona - strujno kolo koje se sastoji od dva otpornika. Razdelnik napona je u stvari izlaz strujnog kola je na mestu gde su konektovani.

provodnici - substance koje provode električnu struju

protoni – delovi manji od atoma sa pozitivnim električnim punjenjem.

pulsirajuća struja - struja koja teče samo u jednom smeru po voltaži koja fluktuiira.

RAM - (random access memory=memorija sa direktnim pristupom) radna memorija kompjutera. Kod ove memorije, podatci se mogu unositi pisanjem i čitati.

rid prekidač – cev sa dve metalne cevčice koje imaju oblik trske. Kada su magnetisani (magnetom ili elektromagnetom), dodiruju se i puštaju struju da teče.

releji – aparat sa elektromagnetom koji privlači komad metala i tako pravi spregu pokretnih i fiksiranih kontakata. Sa relejima, koristimo električnu struju za uključivanje drugih kontakata.

svetlosna dioda - a diode which emits light when current flows through it.

telo koje se puni - telo u koje ulazi električno punjenje i iz koga izlazi.

povratna sprega – deo strujnog kola koje usmerava deo podataka sa izlaza na ulaz istog strujnog kola.

robot – mašina koju kontroliše kompjuter.

ROM - (read only memory=fiksna memorija) memorijski čip sa koga se podatci mogu samo čitati.

senzor – element u strujnom kolu koji menja spoljašni impuls u električni impuls (npr. senzor vlage)

stabilan – status koji se neće sam po sebi promeniti.

termistor – otpornik kod koga se otpor menja sa promenom temperature.

tranzistor – poluprovodljivi element koji menja otpor kao odgovor na električne impulse (struja usmerena ka njegovim kontrolnim kontaktima)

univerzalni instrument – videti AVO metar.

visoko frekventni signali - signali frekvencije viši od onih koje možemo da čujemo. Iznad 20 kHz.

voltmetar - instrument za merenje voltaže (električni potencijal)

zvučnik - aparat koji elektricitet pretvara u zvuk.

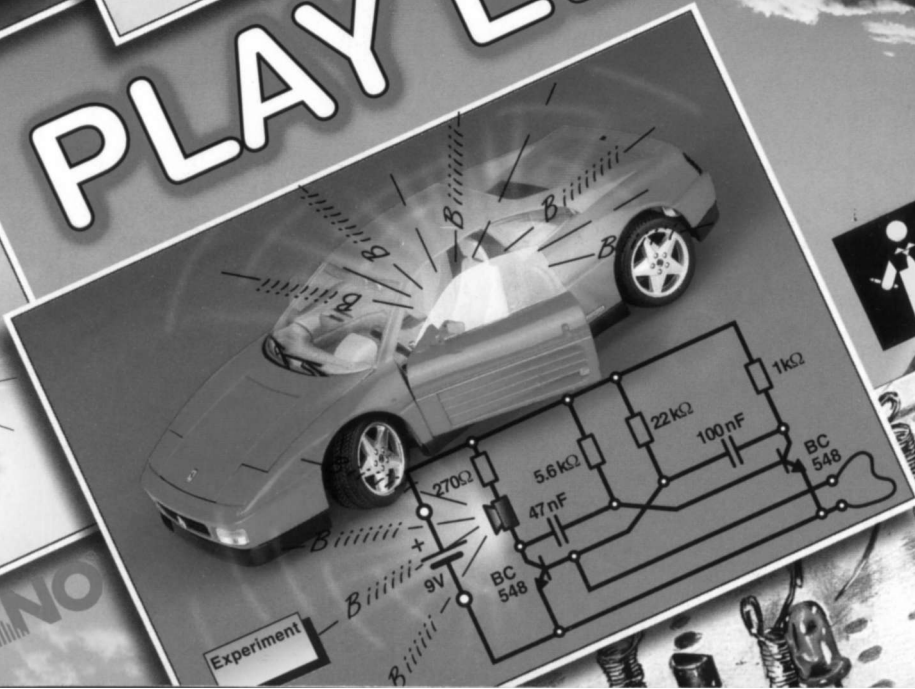
ART. E 210

Experiment 103



PLAY ELECTRONICS

9+



Experiment

MEHNO



PLAY ELECTRONICS

120 electronics experiments

Producer and copyright-holder:

Mehano d.o.o.

Polje 9

SI - 6310 Izola, Slovenia

PO Box 83

RIGHTS AND OBLIGATIONS:

By purchasing this book, you agree to comply with all copyright regulations covering this type of work, and not to violate the copyright.

The contents of this book are protected by the copyright law. No part of this book can be reproduced or rewritten, photocopied or transferred to any information storage media without explicit prior written permission from the publisher.

All circuits and experiments described in this book have been carefully examined and tested. Nevertheless, the publisher does not accept responsibility for any physical and/or material damage, or for injuries occurring during the assembly and use of the circuits described in this book.

All the pieces in this kit have been carefully chosen and are fault-free to the best of our knowledge. The maker of this kit cannot issue a guarantee for each individual part, since these can easily be mechanically or electrically damaged.

TO OUR YOUNG READERS

Dear young reader,

We are delighted that you have entered the fascinating world of electronics through our book, and we hope that you will enjoy the experiments. However, this kit is not meant solely for your enjoyment. By conducting the experiments and reading the pertaining explanations, you will also learn the basics of electronics, which you will find useful time and again in the real life situations.

Do not be afraid to experiment. The results of an experiment are worth more than the opinions of a thousand experts, so test all your new ideas. If a circuit does not work as it should, do not be discouraged. Once you have found and solved the problem you will have learned something new and useful which you will be able use when conducting other experiments.

All the circuits suggested in this book have been designed so that you cannot injure yourself or cause any damage to your surroundings. Apart from the odd scratch on your fingers, the worst you can do is damage one of the elements. If a part does become faulty or ceases to function properly, you can easily replace it with another which can be bought at almost any electronics shop.

This book describes a fair number of different circuits. Some are so simple that explanations are unnecessary. Others are complicated and you might not be able to fully understand how they work at once. After repeated and closer study, you will be able to build and operate even the most difficult circuits with ease. However, if an experiment is causing you considerable difficulty and frustration do not be afraid to skip it and return to it at a later date.

The diversity of circuits, some of which you may have studied at school, provides everyone with the opportunity to learn more about the subject. In addition, the detailed description of the circuits and their functioning given in this book might prove helpful to you in your school work.

CAUTION!

FOR YOUR SAFETY, ALL THE CIRCUITS HAVE BEEN DESIGNED TO RUN ON BATTERY POWER.

FOR THE EXPERIMENTS USE A 9V BATTERY IEC 6LR61.

DO NOT USE A RE-CHARGEABLE BATTERY (i.e. nickel cadmium).

THE BATTERY HAS TO BE CONNECTED WITH THE CORRECT POLARITY.

DO NOT ATTEMPT TO ASSEMBLE A CIRCUIT USING POWER FROM THE MAINS! THIS COULD BE DANGEROUS TO YOUR OWN LIFE AND TO YOUR SURROUNDINGS! MAIN POWER SUPPLY CAN BE DEADLY AND CAN CAUSE A FIRE. THE KIT AND ITS PARTS HAVE NOT BEEN DESIGNED TO OPERATE AT THE VOLTAGE OF THE MAINS SUPPLY.

WE RECOMMEND THAT THIS ITEM IS ONLY USED WITH ADULT SUPERVISION.

WE RECOMMEND THAT ONLY THE EXPERIMENTS DESCRIBED IN THE MANUAL SHOULD BE PERFORMED.

IF YOU DON'T WANT TO USE THE CIRCUIT FOR A LONG TIME REMOVE THE BATTERY.

USE ONLY THE CORRECT RECOMMENDED BATTERY IN THOSE CIRCUIT.

AN ALKALINE BATTERY IS RECOMMENDED.

THE BATTERY MUST NOT COME INTO CONTACT WITH METAL PARTS AS THIS MAY CAUSE AN EXPLOSION.

NEVER TRY TO FILL THE BATTERY.

THE BATTERY MUST ONLY BE CHANGED BY AN ADULT.

DO NOT THROW THE BATTERY INTO FIRE.

PLEASE DISPOSE THE EMPTY BATTERY INTO APPROPRIATE CONTAINERS.

DO NOT SHORT-CIRCUIT THE SUPPLY TERMINALS.

ATTENTION: TOY INCLUDE ALSO SHARP PARTS AND EDGES. THE PIECES INCLUDED IN THIS KIT ARE SMALL AND HAVE

SHARP EDGES. THIS PRODUCT IS THEREFORE NOT RECOMMENDED FOR CHILDREN UNDER NINE YEARS OF AGE. RETAIN THESE INSTRUCTIONS FOR FUTURE REFERENCE.

DEAR PARENTS!

By buying this book, you are entering the world of electronics with your child. If you feel at ease with this subject, offer your child support and inspiration. If this world is new to you, do not hesitate to join in with your promising scientist. The world of electronics is full of revelations for younger as well as older learners.

We would like to take another opportunity to stress the fact that the kit is completely safe. It has deliberately been designed for battery power, since using the mains supply could present a potential hazard, especially for inexperienced users. **NEVER ALLOW YOUR CHILD TO USE MAINS POWER WITH THIS KIT!**

Use of a converter has not been mentioned. If you have experience with electronics or electricity, a converter can be used as the power source, but only under your supervision. Unsupervised use of a converter can result in damage to the parts.

INTRODUCTION

Application of electronics discoveries has brought wonderful changes to our world. Less than fifty years have passed since the first use of the transistor, and hardly a decade since the discovery of integrated circuits. Electronics is used in every aspect of our lives. Ask your grandparents whether they had televisions and radios in their youth; not to mention video recorders, computers, portable cassette players, automatic cameras, and other electronics appliances without which we cannot imagine our lives today. Your grandparents will certainly admit that electronics has brought profound changes to their lives. Maybe some will complain and reminisce about "the good old days", but do not let that worry you. Their grandparents did the same. And maybe you will too when you talk to your own grand-children.

Electronics certainly does affect our lives and we should pay attention to it. The fact that you are reading this book proves that you believe so too. How do video recorders and computers and digital watches and CD players work? The answer isn't simple.

You probably have Lego bricks at home. When your younger brother or sister asks you how to build a castle, space-craft or house, you would know. You used a multitude of small simple blocks. Each block on its own is simple, but when you assemble them into a whole, you build something which does not resemble any of the individual blocks. While you were busy constructing your masterpiece, you probably weren't very worried about how and from what material the Lego blocks were made.

Similarly in electronics, a complex electronic circuit is assembled from simple elements. Even great experts can't tell precisely how such a complicated and complex electronic circuit works. You surely know how to use a television and how to play your pocket computer games. And it does not worry you that you do not know how they work. Just as you need a range of small blocks for your Lego castle, you must first know how to make numerous small and simple circuits, before you can make a complex electronic circuit.

This is where this book will help you. By studying it, you will learn how simple electronic circuits work and by applying the knowledge gained from this book, you will be able to assemble quite complicated circuits yourself.

So, let's begin!

UNITS

Since we will be dealing with various physical quantities measured in various units, we must first learn about the units of measurement used in electronics.

In Slovenia, as elsewhere in the world, we use, in technical matters, the SI system of units - Syst me International (as the French write International System). In this system, the basic units are:

Quantity	unit	abbreviation
length	metre	m
mass	kilogram	kg
time	second	s
electric current	ampere	A
temperature	kelvin	K
luminous intensity	candela	cd
amount of substance	mole	mol

All other units are derived from these basic units and can be expressed in terms of them: i.e. a volt is a derived unit. The equations of individual derived units are not very simple and are beyond the scope of this book.

Many of the things around us can be measured, and their properties defined. Thus, we can measure the length of a table. For this we use a measuring instrument (i.e. a ruler) with a scale dividing it into small units. The unit for measuring length is the metre. You probably also know other units. Mass is measured in kgs, time in seconds, volume in cubic metres, etc.

We often use measurement values which are much larger or smaller than our basic unit. In such instances we use prefixes which state how many times our unit is smaller or larger than the basic unit.

For measurement values which are much larger than the basic unit, we use the following prefixes:

prefix	symbol	value	we multiply the basic unit by
kilo-	k	10^3	1.000
mega-	M	10^6	1.000.000
giga-	G	10^9	1.000.000.000
tera-	T	10^{12}	1.000.000.000.000

So 1 kilometre is equal to 1.000 metres, and 101,6 megahertz is equal to 101.600.000 hertz or:

$$1 \text{ km} = 1.000 \text{ m}$$

$$101,6 \text{ MHz} = 101.600.000 \text{ Hz}$$

For measuring values which are much smaller than the basic unit, we use the following prefixes:

prefix	symbol	value	we divide the basic unit with
milli-	m	10^{-3}	1.000
micro-	μ	10^{-6}	1.000.000
nano-	n	10^{-9}	1.000.000.000
pico-	p	10^{-12}	1.000.000.000.000

So 1 millimetre is equal to 0.001 metre and 10 millilitres are equal to 0,01 litre or:

$$1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}$$

$$10 \text{ ml} = 0,01 \text{ l}$$

BASIC COMPONENTS OF ELECTRIC CIRCUITS

ELECTRIC CIRCUIT

Electric current cannot be heard, seen or smelt. Why does electric current flow? Electric current flows when we have an electric potential difference and a closed circuit.

Imagine we have a bowl full of water on the table, and another empty bowl under the table. Connect the two with a hose through which the water will flow. The upper bowl will empty as the lower one fills. The larger the hose, the more water will flow through it.

Now let us fit a wheel above the lower bowl. If the wheel is small and light enough, the current from a small hose will make it turn. If we fit a bigger wheel we will either have to use a larger hose with greater current or, if we want to use the same hose, move the upper bowl higher to get a stronger jet, say from the table to the cupboard.

Sooner or later, the upper bowl will be emptied. If we connect a hand pump to the lower bowl we can pump the water from the lower to the upper bowl. This experiment with the bowls, hoses, wheel and pump shows basically what happens in an electric circuit. The higher bowl is one pole of the battery. The various sizes of hoses are different sizes of conductors, through which stronger or weaker electric current passes. The smaller or larger water-wheels are the power consumers (i.e. stronger or weaker electric motor or stronger or weaker light bulb). Just as the upper bowl will empty sooner if the wheel and hose are larger, so the battery will empty sooner if the conductor is larger or the electric motor stronger.

Instead of using a battery as the power source, we use a generator, just as in power plants. In our case this is the water pump.

In our bowl-and-hose system, the circuit consists of the upper bowl, the hose, the water-wheel and finally the lower bowl. In an electric circuit, current will flow from the positive (+) pole, through the conductor, through the consumer and into the negative (-) pole.

The effect of the electric current depends on whatever is connected to

the circuit. If we connect an electric motor, the effect will be to turn its axle. If we connect a buzzer, we will hear the buzz. If we connect a light bulb, we will see its light. The possibilities are many. In making electric circuits, we use some basic components. These are: batteries, conductors, resistors, capacitors, switches and semi-conductors (diodes, light emitting diodes, transistors and integrated circuits).

BATTERY

Electric batteries are sources of electric power. The main characteristic of electric batteries is their voltage. The unit for voltage is the volt, named after the Italian physicist Alessandro Volta. The symbol for the unit is V. The symbol for voltage is U.

The voltage between the poles of the small batteries we use in our cassette players is 1,5V. The voltage between the poles of a car battery is 12V. The voltage in a three-cell flat battery is 4,5V.

For batteries and accumulators, we use the same symbol; a long, thin and a parallel shorter and thicker line. The thinner line is the positive pole, and the thicker line the negative pole, of the battery. If we connect several battery cells in a serial connection, we obtain a battery with higher voltage. One battery cell will usually have 1,5V. So, a 9V battery will have six closed cells, and a 4,5V battery three closed cells, serially connected.

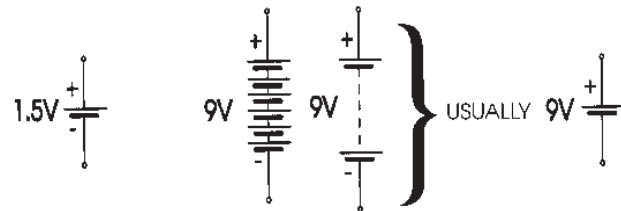


Fig. a.) Symbol for battery

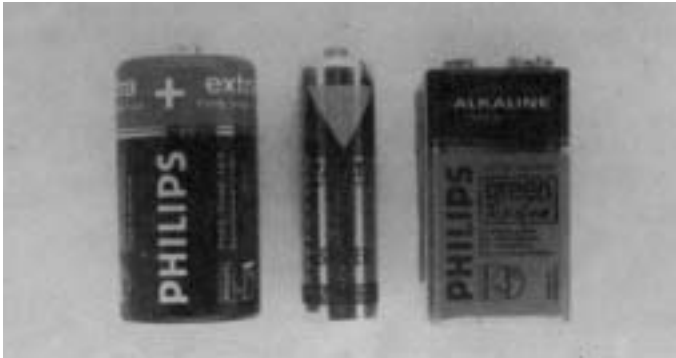


Fig. b.) Various batteries

Serial connected batteries are usually drawn on our drawings so, that thinner and thicker lines are shown in a column or points are drawn between two symbols of the battery. Symbols of the batteries and their external look like are shown on figure a.) and b.).

Come back to the comparison with the bowls; image bowl stairs, connected with a hose. From the highest bowl the water will circulate into the lower through the hose, and from the last bowl the water which was in all the bowls will come out. We can show the serial connection this way.

CONDUCTORS

We use conductors to connect the components of electric circuits into closed circuits. In circuit diagrams, conductors are shown as lines. If conductors cross, then so do the lines on the diagram. If conductors are to be connected, this is shown in the diagram by a dot. If the components and circuits are connected serially, then the dots are not drawn in the diagram. Examples of crossing, connections and serial connections are shown in the figure c.).

If we compare the conductors to hoses, it should hold that larger conductor lines can convey more electricity. The wires which you have in your kit can be used in all your experiments. To make sure that the current flows where it should, the wires are insulated and the insulation is removed only at the ends.

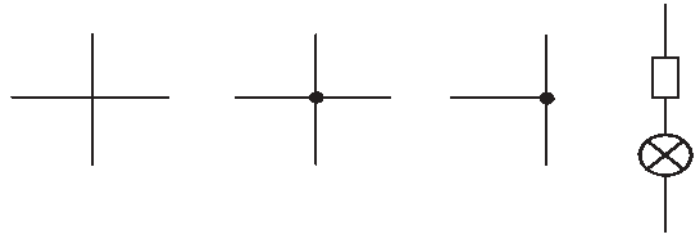


Fig. c.) Crossing, connection and serial connection

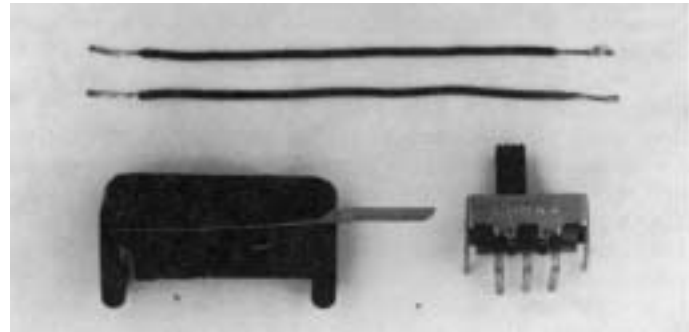


Fig. d.) Conductors and switch

SWITCH

The switch is used to connect, e.g. close, the circuit or to disconnect, e.g. sever, the circuit. The switch and its symbol are shown in the figure d.) and e.). The diagram also shows whether the switch is on or off.

Electric current flows through a closed circuit. Electric current is the electric charge which flows through the conductor per second. In an equation, it is expressed as:

$$I = Q / t$$

In this equation, I is the current and Q the electric charge which passed through the conductor in time t.

Electric current is measured in amperes (A) after the French physicist André Ampère. The symbol for current is I.



Fig. e.) Symbol for switch in circuit diagrams

ELECTRIC CURRENT

If we return to our water bowls, the quantity of water in the upper bowl represents the electric charge stored in the battery. More water will flow through a larger hose; in other words, the current will be greater. Of course stronger currents will empty the battery sooner. The same holds for batteries and light bulbs: if a light bulb is stronger, a larger current will flow through it at the same voltage. The bulb will produce more light, but the battery will empty sooner than with a smaller bulb.

ALTERNATING ELECTRIC CURRENT

Imagine that we are observing water flow through a strait between a bay and the open sea. What happens with the tide? When the water level is

higher in the open sea, due to the tide, the water flows into the bay. When the water level in the sea is lower, the water flows from the bay into the open sea. As a result of the shifting tides, the water flows once into and then out of the bay. We can say that in our strait we have an alternating flow of water.

Similarly, electric current can flow through a conductor first in one direction and then in the other. Such a flow of electric current is called alternating current (AC).

Although the current from the battery always flows in only one direction, we will, in our experiments, come across situations where the current will flow in one direction and then the other through certain elements of the circuit. An alternating current will flow through these elements.

FREQUENCY

In alternating current, we can count how many times per second the electric current changes direction. The number of changes per second is called the frequency. The unit of frequency is the hertz (Hz), named after the German physicist Heinrich Hertz.

Now, if we recall the chapter on units, we will find that there is no basic unit for frequency. But, we have said that all other units are derived from the basic units. And how do we derive a unit for frequency? Frequency is the number of changes per second. We have no unit for "number of changes", but 1 second is a basic unit. The unit for frequency can be expressed as:

(unit for frequency) = (unit for number of changes)/(unit for time)

$$\text{Hz} = 1 / \text{s}$$

This is an example of a simple equation of units of the unit system. Other units (i.e. volt or ohm) are not derived so easily.

If an alternating signal has a low frequency, we call it a low frequency signal. The current flowing through the coil of a loudspeaker is a low frequency current. The sound which we hear is between 16 Hz and 20 kHz. Electrical signals at such frequencies are called low frequency sig-

nals. The electric current flowing through the cable between an antenna and a television is a high frequency current.

In our experiments, we will deal only with low frequency alternating currents.

RESISTOR

A resistor is usually made from a ceramic tube covered in a resistant coating (i.e. graphite or metal). At the end of the tube are two wires through which the resistor is connected to the circuit. A resistor and its symbol are shown in the figure f.) and g.).

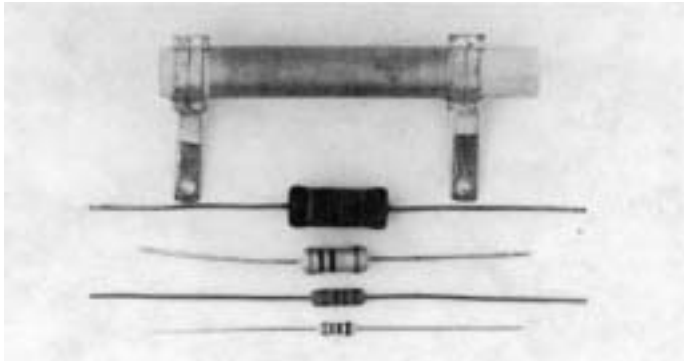


Fig. f.) Resistors



Fig. g.) Symbol for resistor

If we compare the characteristics of a resistor to the flow of water, the resistor would be a narrow area in the hose through which the water is flowing. The more the hose is narrowed, the harder it will be for the water to flow through.

The current flowing through the resistor depends on the voltage at the connections and the resistance of the resistor itself. The greater the voltage, the more current will flow through the resistor. At an equal voltage, more current will flow through a resistor with lower resistance. This can be expressed by the equation:

$$I = U / R,$$

in which I is the current flowing through the resistor, U is the voltage at the contacts of the resistor and R is the resistance of the resistor. We can turn the equation around to obtain

$$U = I \cdot R$$

This is Ohm's Law, named after the German physicist Georg Simon Ohm, who studied the relations between electric current, voltage and resistance in an electric circuit. The unit for electrical resistance is the ohm and the symbol is the capital Greek letter omega (\sim). Just like with other units, we use prefixes for larger values, i.e. kilo and mega: 1 kilo-ohm is one thousand ohms and one megaohm is one million ohms.

Since resistors are usually small, numbers written on them would soon be rubbed out. To make finding different resistors easier, the values of resistors are marked by coloured bands. How do we read these bands? Hold the resistor so that the coloured bands are nearer its left side. If there are several bands, then the widest one should be on the right side. There can be three to five bands on a resistor. If there are more than three bands, then the right band shows its accuracy. If there are three or four bands, then the first two show the numerical values and the third the number of zeros following the numbers. If there are five lines, then the first three show the numerical values and the fourth the following zeros.

The colour codes are given in the table below:

- 0 black
- 1 brown
- 2 red
- 3 orange
- 4 yellow
- 5 green
- 6 blue
- 7 violet
- 8 grey
- 9 white

The same colour codes are used to show the number of following zeros:

- 0 none
- 1 one
- 2 two
- 3 three
- 4 four
- 5 five
- 6 six
- 7 seven
- 8 eight
- 9 nine

To mark resistors with a resistance below 10 ohms, the numerical values will be too large. In this case, the number value has to be divided by ten or one hundred.

- to divide by ten gold band
- to divide by one hundred silver band

The last (fourth or fifth) band tells us how accurate the resistor is. When the resistors are produced, they do not all come out completely equal. Resistors which are supposed to have equal resistance can slightly dif-

fer. If we take a box of resistors with one particular resistance value, say 100 Ω , and measure their resistance, the measured values will not be completely the same. With more accurate production, these differences will be smaller. As you can imagine, of course, more accurate resistors are more expensive. Considering the use and price of the elements, the user has to decide the required accuracy of the elements needed. Producers often vouch for the accuracy of their products. If the accuracy of a resistor is marked, then it will be marked by the following colour bands:

- $\pm 10\%$ silver
- $\pm 5\%$ gold
- $\pm 1\%$ brown
- $\pm 2\%$ red
- $\pm 0,5\%$ green
- $\pm 0,25\%$ blue
- $\pm 0,1\%$ violet
- $\pm 0,05\%$ grey

COLOUR	No 1	No 2	No 3	MULTIPLE	TOLERANCE
Silver	-	-	-	10^2	10%
Gold	-	-	-	10^1	5%
Black	0	0	0	1	-
Brown	1	1	1	10^1	1%
Red	2	2	2	10^2	2%
Orange	3	3	3	10^3	-
Yellow	4	4	4	10^4	-
Green	5	5	5	10^5	5%
Blue	6	6	6	10^6	0.25%
Violet	7	7	7	10^7	0.1%
Grey	8	8	8	10^8	0.05%
White	9	9	9	10^9	20%

Thus a resistor with a resistance of 100 Ω made with an accuracy of $\pm 10\%$ will have a resistance between 90 Ω and 110 Ω . Let's look at some examples:

A resistor with three bands: brown, black, red.
Value is: one, zero, two zeros: 1.000 Ω .

Resistor with four bands: orange, orange, orange, gold
Value is: three, three, three zeros: 33.000 Ω
Accuracy: $\pm 5\%$.

Resistor with five bands: red, black, green, gold, (broad) red.
Value is: two, zero, five, divide by ten: 20,5 Ω
accuracy: $\pm 2\%$.

If we need a stronger resistor, it will usually be bigger. Very powerful resistors are made so that a resistor wire is coiled around the ceramic tube. In our experiments, we will not be using such resistors.

Sometimes we need resistors which can quickly change values. Imagine we have a sliding contact on our resistor. When the contact point changes, the resistance between the contact and the slider changes. Such resistors are called potentiometers. In potentiometers, the resistant layer is on a thin plate shaped like a ring. The slider is attached to a shaft. An example of the use of a potentiometer is in the experiment where we adjust the volume in a radio receiver. Since the housing of the potentiometer is large enough, the resistance value is written on it in numbers, i.e. 50K (50k Ω).

If we wish to use the potentiometer as an adjustable resistor, we connect it to the circuit at one end output and connect the middle output to the slider. When the slider is next to the end output, the resistance is low or negligible. When the slider is at the opposite end, the entire resistant layer lies between the contacts, and the resistance is the highest possible for that potentiometer. This is the resistance given on the housing of the potentiometer.

When we use the potentiometer as an adjustable resistor, only two outputs are used: the middle output and one of the end outputs. In diagrams, such adjustable resistors are often drawn as resistors crossed by an arrow. Generally in circuit diagrams, an element crossed by an arrow means that the element is adjustable.

The figure h.) shows a symbols for a potentiometer and a potentiometer used as an adjustable resistor.

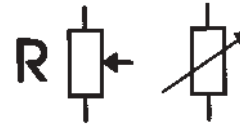


Fig. h.) Symbol for potentiometer

SHORT CIRCUIT

The resistance of a wire, compared to any other element in the circuit, is very small. We can say that it is zero.

If we connect a wire in parallel to another element, the current will flow through the wire, rather than through the element. We could say, that the current chose the "easier" path. Such a by-pass is called a short circuit. A short circuit can also be a by-pass produced by pressing a button or flicking a switch.

OPEN CONTACT

If we sever the circuit at some point, the path along which the electric current could flow will be disconnected, because electricity cannot be conducted through the air. Such a point is called an open contact. If one contact of such an element is in the air, electric current cannot flow through it.

EARTH

We will often use the term "earth". In electrical terms, this usually means the part of the circuit connected to the negative pole of the battery. In a car, we can say of any conductor connected to the bodywork that it is earthed. In our circuits, it will mean that it is connected to the negative pole of the battery.

Unless explicitly specified, voltage is usually measured between a particular point and the earth, or negative battery pole. So, if you see 9V written on the collector, the voltage is measured between the collector and the negative pole of the battery. The symbols for earth is shown in the figure i.).

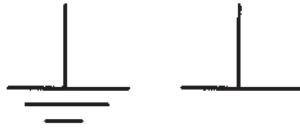


Fig. i.) Symbols for earth

CAPACITOR

A capacitor is made of two parallel plates divided by a layer which does not conduct electricity. In order to make it smaller, it is rolled like tissue paper.

The ability of the capacitor to accept a certain electric charge is called capacitance. The unit of capacitance is the farad (F), named after the English physicist Michael Faraday. The symbol for capacitance is C. The farad is a very large unit, so we use smaller units: a microfarad (μF) is one-millionth of a farad and one nanofarad (nF) is another thousand times less. The numerical value of the capacitance is usually written on the capacitor.

What would a capacitor be in our water experiments? Suppose we put an empty balloon at the end of the hose and fill it with water. If we then remove the hose, the water will gush out. The larger the balloon, the more water will go into it. If we place the bowl higher, the balloon will again accept more water.

The height of the upper bowl represents in a capacitor the voltage at its outputs, the size of the balloon represents the capacitance, and the quantity of water accepted by the balloon represents the electric charge.

The capacitance of a capacitor is:

$$C = Q / U$$

Q is the electric charge (in coulombs, C) on the plates of the capacitor, U is the voltage at the outputs of the capacitor (in volts, V). If a capacitor has greater capacitance, it will accept more electric charge at the same voltage.

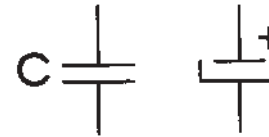


Fig. j.) Symbol for ordinary and electrolytic capacitor

The capacitors used in our experiments are of various sizes and shapes. Some are shaped like tablets, with wires on both plates. These are ceramic capacitors. Others take the shape of plastic cylinders or cubes. These are rolled inside and surrounded by a housing. The third type are electrolytic capacitors. For these, it is very important how we connect them. Which contact goes to the positive and which to the negative pole of the circuit is usually marked on the housing of electrolytic capacitors. On the housing of electrolytic capacitors, you can also see the upper voltage limit which they can accept. If we connect a capacitor to a higher voltage, it will soon be destroyed.

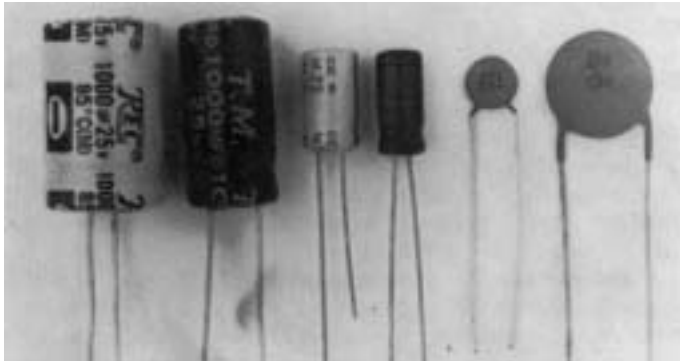


Fig. k.) Capacitors

Electrolytic capacitors have a capacitance of several microfarads. Ordinary and electrolytic capacitors and their symbols are shown in the figure j.) and k.).

COIL

A coil is a long wire wrapped around a support. If we let electric current flow through a coil, it will behave like a magnet. We can observe how a connected coil attracts iron items, like wire, nuts and bolt, etc.

The coil resists the changes in the current running through it. A wound hose with water flowing through it will behave similarly if the hose is long and there is a lot of water in it. After we disconnect the end of the hose from the tap, the water will continue to flow for some time before it calms down and stops flowing.

The characteristic of a coil is its inductance. The unit for inductance is called a henry (H), after the English physicist Joseph Henry. The symbol for inductance is L.

A coil and its symbol are shown in the figure l.) and m.).

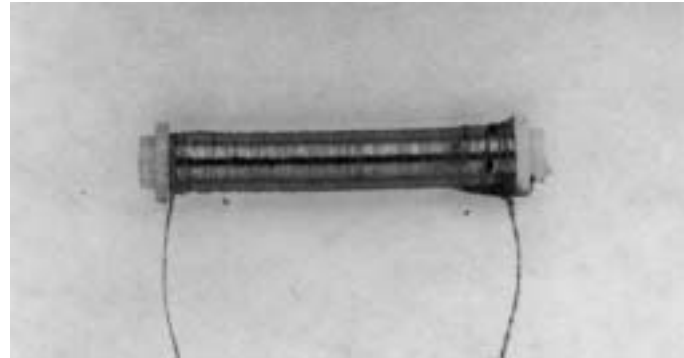


Fig. l.) Coil



Fig. m.) Symbol for coil

THERMISTOR

A thermistor is a special kind of resistor. Its property is that the resistance changes greatly if we heat it. As to whether the resistance increases or falls when we heat it, we say that the thermistor has a positive or negative temperature coefficient. The resistance of a thermistor is always given for room temperature (20°C). This kit includes a thermistor in which the resistance drops if it is heated.

Externally, thermistors often resemble ceramic capacitors. The resistance is marked in numbers, or colours, with the first colour on the opposite side of the output wires.

The thermistor and its symbol are shown in the figure n.) and o.).

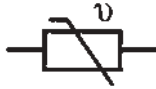


Fig. n.) Symbol for thermistor

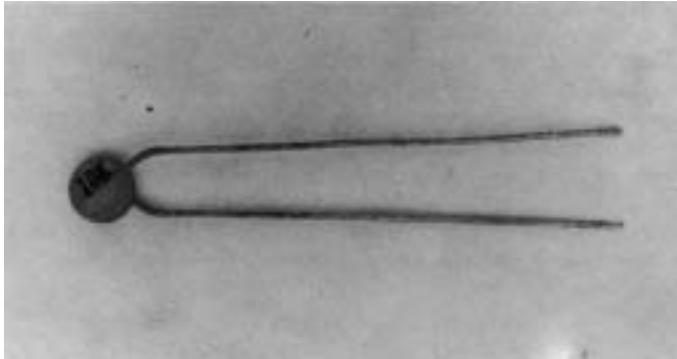


Fig. o.) Thermistor

LIGHT BULB

The kit also includes a light bulb, which we will use in our experiments. The bulb, the fitting for the bulb, and the symbol for the bulb are shown in the figure p.) and s.).

The filament light bulb was invented almost simultaneously by an American and a British inventor: Thomas Alva Edison and Sir Joseph Wilson Swan.



Fig. p.) Symbol for light bulb

SEMICONDUCTING DIODE

A semiconducting diode uses the properties of matter which conducts electric current only under specific conditions.

The property of a semiconducting diode is that it conducts electric current only in one direction. When connecting a diode to a circuit, we must be careful to turn the diode in the correct direction. The direction of the current is marked on the diode. The positive contact of the diode is called an anode, and the negative contact a cathode. Electric current will flow through the diode when the anode is connected to the positive and the cathode to the negative pole of the battery.

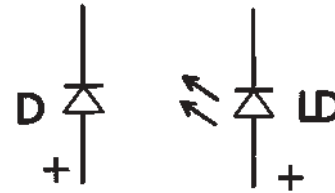


Fig. r.) Symbols for diode and light emitting diode

If the diode is cylindrical, the cathode will be marked by a coloured line, or the symbol for the diode will be drawn on it.

One variety of the diode is the light emitting diode (LED). When electric current flows through LED, it glows. LEDs are designed to emit different coloured light, i.e. red, green, yellow. LEDs have a shorter contact for the cathode, and the ring of the housing of the diode is cut away on the side of the cathode.

Various types of diodes and LEDs and their symbols are shown in the figure r.) and s.).

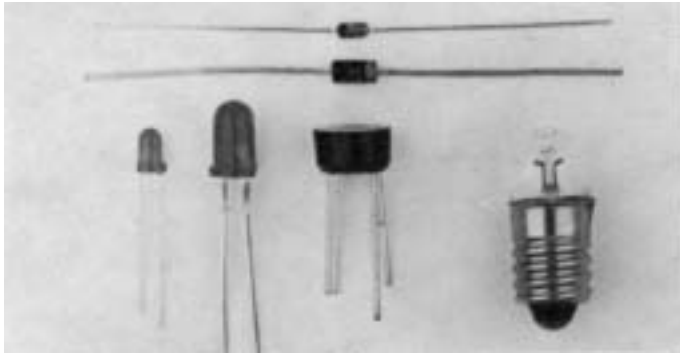


Fig. s.) Light bulb and diode

TRANSISTOR

The transistor was the result of research work conducted at the American Bell corporation. It was invented in 1948 by Walter H. Brattain, John Bardeen and William Shockley. The invention of the transistor sparked an irrepressible wave in the development of electronics, which is still in progress today. The transistor is a semiconducting element with three outputs. Its property is that its resistance changes depending on the current that flows through its control output.

How could we explain the behaviour of a transistor with the water flow analogy? Suppose we fitted a valve onto the hose. A spring keeps the valve closed. On the shaft of the valve is a long handle holding a small container with a hole in it, through which the water drips. Through a thin hose, we direct water from the upper bowl into the small container. The container will fill up and the handle of the valve will move and open the valve on the large hose. Now a lot more water can run through it. When we shut off the small hose, the water will drip out of the container, the spring will turn back the handle and close the valve. With a small quantity of water, we can thus control the flow of water through the larger

hose.

The larger hose was brought to the valve from the reservoir. This connection on the valve is called the collector. The flow of water through the larger hose is controlled by the flow through the thin hose to the small container. The small container is called the base. From our valve and from the container, water flows into another container (called the emitter), from where the water flows into the lower bowl.

In a transistor, the three connections are called the collector, base and emitter. The connections are seldom marked on the housing of the transistor. If they are, it is usually the emitter which is marked. But the connections are not always arranged with the base in the middle, as in our diagram. To find out about the arrangement of the contacts, we will usually have to look into the catalogue in which the specifications of the transistor are given.

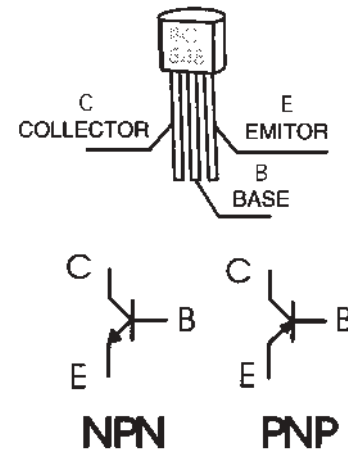


Fig. t.) Symbol for transistor

The figure u.) shows some different types of transistor. The figure t.) shows the arrangement of the contacts for a BC548 transistor, like the one included in this kit (three pieces).

The diagram also shows the symbol for a transistor. The thick line is the base. Extending from this base is a slanted line, which is the collector. The third line has an arrow pointing in the direction of the current flow through the transistor. If the arrow is turned away from the base, then the current flows from the emitter contact outwards, and this is an NPN transistor. If the arrow is turned towards the base, then it is a PNP transistor. The principle is the same in both cases, only the current flows in different directions. This kit includes only NPN transistors.

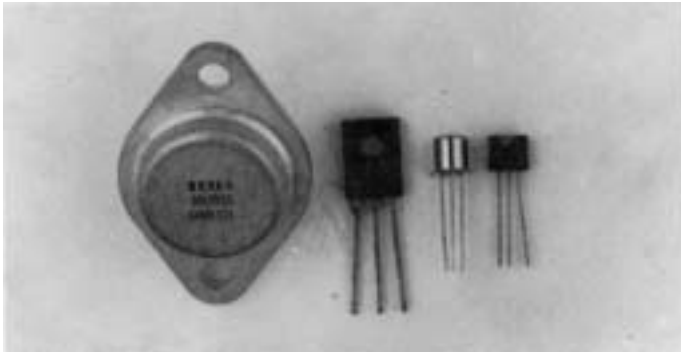


Fig. u.) Various types of transistors

CIRCUIT BOARD

You will do all the experiments described in this manual on the circuit board. The board is designed to avoid the need for a soldering iron, screwdriver or pliers. All the circuits can be made by hand.

The circuit board has holes. When assembling a circuit, check the arrangement of the contacts on the diagram. Then attach the contact spring clips as shown in the figure v.).

If you put the wire through only one thread of the spring, it could fall out quickly; the circuit then won't function. You should therefore push the wire through at least two threads. Of course, the insulation has to be removed from the wire at the point of contact. The figure z.) shows a correctly inserted wire.

Prepare the element which you intend to connect carefully. Never bend the output wires where they are attached to the element. After they have been bent in this place a few times, the wire will snap and the element will be useless.

Attach the battery to the circuit board to prevent it from pulling on the whole circuit with its weight. You can do this using material from the kit (wires and spring clips).

Now that we have learnt about the basic components of the kit, we can start assembling circuits. For each circuit, first study thoroughly how it is made. Then find the components in your kit. Arrange the spring clips as shown in the diagram. Compare the scheme and the diagram.

You can then begin assembling the circuit. First, attach the spring clips, then the wires, switches, resistors, capacitors, etc. Before connecting the battery, check that you have correctly assembled all the elements. Make sure you have connected the semiconducting elements and electrolytic capacitors correctly!

Provided you have not made any mistakes, the circuit should function normally. If it doesn't, immediately disconnect the battery and try to find the cause of the problem.

Good luck, and have fun!

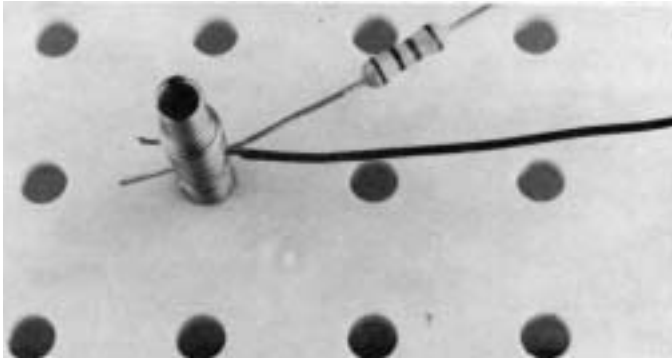


Fig. v.) Inserting of the spring clips into the base board

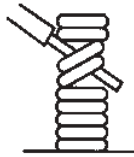


Fig. z.) Inserting of the wire into the spring clip

CONTENTS OF THE KIT

No.	Element	Pieces
1	base board	1
2	spring clip	30
3	light bulb 12V/ 0.05A	1
4	bulb housing	1
5	switch	1
6	9V battery housing	1
7	magnet	1
8	relay coil	1
9	transistor BC548	3
10	red LED	1
11	green LED	2
12	loudspeaker 0.5W, 8~	1
13	diode 1N4004	2
14	thermistor NTC 10 k~	1
15	Reed relay	1
16	humidity indicator	1
17	potentiometer 100 ~	1
18	potentiometer 10 k~	1
19	potentiometer 47 k~	1
20	resistor 33 ~, 0.5W	1
21	resistor 56 ~, 0.5W	1
22	resistor 100 ~, 0.5W	1
23	resistor 270 ~, 0.5W	1
24	resistor 1 k~, 0.5W	2
25	resistor 2.2 k~, 0.5W	1
26	resistor 5.6 k~, 0.5W	1
27	resistor 22 k~, 0.5W	3
28	resistor 100 k~, 0.5W	1
29	ceramic capacitor 1.5 nF	1
30	ceramic capacitor 10 nF	2
31	ceramic capacitor 47 nF	1

32	ceramic capacitor 100 nF	1
33	electrolytic capacitor 100 μ F/16V	2
34	electrolytic capacitor 1,000 μ F/16V	1
35	conducting wire, 55 mm	4
36	conducting wire, 100 mm	6
37	conducting wire, 150 mm	4

ONE HUNDRED CIRCUITS!

1. SIMPLE ELECTRIC CIRCUIT

Put the light bulb in its fitting. Connect the bulb and the wires from the battery as shown in the figure 1. Then connect the battery. Electric current will flow from the positive pole of the battery through the wire to the bulb, through the bulb and through the other wire to the negative pole. The bulb will glow until the battery is drained or until you disconnect the circuit.

2. ELECTRIC CIRCUIT WITH A SWITCH

Add one spring clip and connect the switch to the circuit. The bulb will glow only when the switch is ON.

3. SERIAL CONNECTION OF TWO ELEMENTS

Fit one more spring clip onto the circuit board. Change the circuit by connecting a 56~ resistor between the switch and the bulb. When you press the switch, the bulb will glow, but less brightly than before.

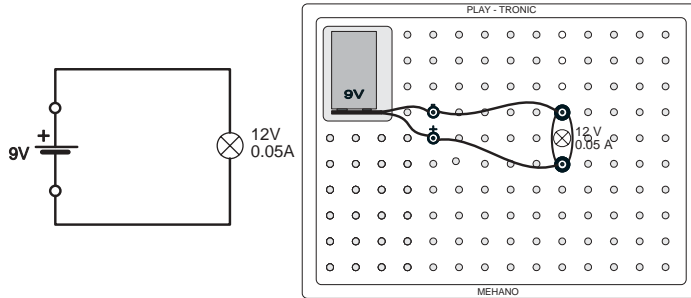


Fig. 1

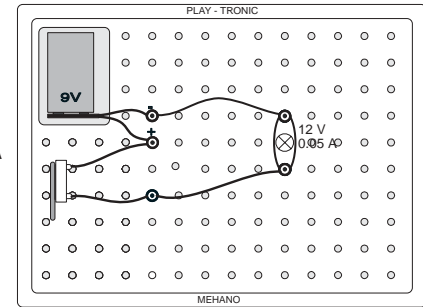
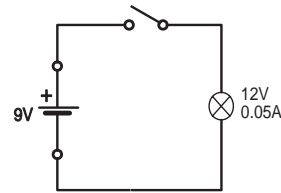


Fig. 2

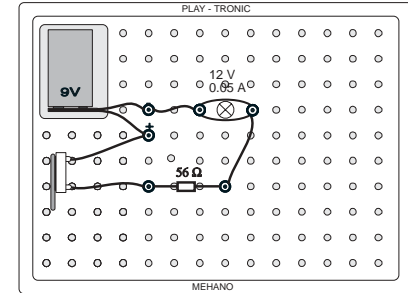
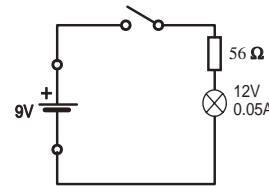


Fig. 3

4. IS IT IMPORTANT HOW WE CONNECT THE RESISTOR?

In the same circuit (Fig. 3), switch the output wires of the resistor. When you press the switch, the bulb will glow with the same intensity as before. This shows that it makes no difference how we connect the resistor.

If you look at the diagrams, you'll find that they are the same in both

cases. There is no indication in the circuit diagram as to how the resistor should be turned. This means that it is not important for the functioning of the circuit.

5. IS IT IMPORTANT HOW WE CONNECT THE LIGHT BULB?

We can perform an experiment like we did with the resistor. Swap the connections of the bulb. Again, with a light bulb it doesn't matter how we connect it to the circuit. The diagram doesn't show how the bulb should be turned, and the spring clips connecting it are not separately marked. This means that it is not important for the functioning of the circuit.

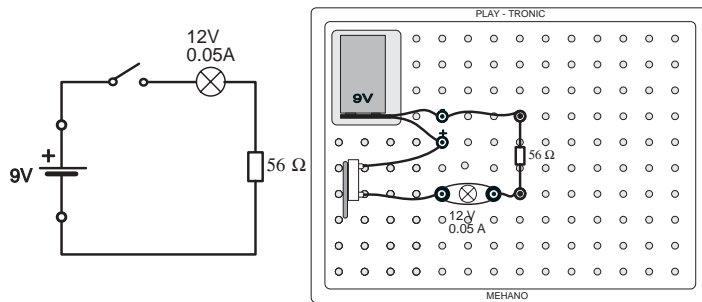


Fig. 5

6. IS THE SEQUENCE OF SERIALLY CONNECTED ELEMENTS IMPORTANT?

The circuit elements are the battery, the switch, the resistor and the bulb (figure 5). Swap any two elements and again test the circuit. It will behave just as it did before. Regardless of how we connect the elements,

the electric current will flow from the positive pole of the battery through all the elements of the closed circuit. If we have several elements serially connected in a circuit, the sequence of their connection does not affect the functioning of the circuit.

7. CURRENT FLOWING THROUGH THE RESISTOR

Leave the connecting wire from the positive pole of the battery disconnected. The bulb will not glow because the circuit has been cut. If you touch spring clip 1 with the wire, the bulb will glow. If you touch spring clip 2 with the wire, the bulb will glow with less intensity.

The bulb emits more light when the current through it is stronger. We can conclude that more current went through the bulb when we connected the wire to clip 1. In the first case, the current ran through a 33~ resistor, and then through the bulb back to the battery. In the second case, the only difference is that we now have a 100~ resistor. The current in the second case was weaker because the resistance of the RESISTOR was greater.

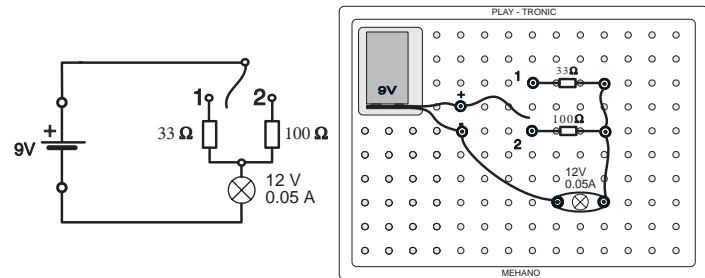


Fig. 7

8. ELECTRIC CIRCUIT WITH AN ADJUSTABLE RESISTOR

Assemble a circuit as shown in Fig. 8. After turning on the switch, turn the shaft of the potentiometer to the left and right. When the potentiometer's resistance is lowest, the bulb will glow brightest. Remember Ohm's law: at the same voltage, the current is stronger if the resistance is lower. What are the resistors in the circuit? These are: all the wires, the bulb, and the potentiometer. The switch, when switched on, has practically no resistance. Compared to the resistance of other resistors and the bulb, the resistance in the connecting wires is minimal and we can ignore it.

The current which flows through the bulb is equal to that which flows through the potentiometer. Ohm's law applies in all cases, for the bulb as well as for the potentiometer. We can denote the resistance of the entire circuit by R , that of the bulb by R_b and that of the potentiometer by R_p .

If the voltage of the battery is U , then:

$$U = I \cdot R,$$

Where I is the current through the circuit and R is the resistance of the entire circuit.

The voltage across the potentiometer is:

$$U_p = I \cdot R_p,$$

while across the bulb, the voltage is

$$U_b = I \cdot R_b.$$

The voltage of the battery is split between the bulb and the potentiometer. The voltage across the battery is equal to the sum of the voltages across the bulb and the potentiometer.

$$U = U_p + U_b$$

If we had several resistors in the circuit, the voltage across the battery would equal the sum of the voltage across all the resistors in the circuit. This is known as Kirchoff's law of voltage or Kirchoff's second law, after the physicist Gustav Robert Kirchoff.

The equation can also be written as:

$$I \cdot R = I \cdot R_p + I \cdot R_b$$

If we divide the left and right hand sides of the equation by I , we obtain another correct form of the equation:

$$R = R_p + R_b.$$

Hence: the total resistance of serially connected elements in a circuit is equal to the sum of all the resistors in the circuit.

If the value of the potentiometer R_p is altered, then the resistance in the entire circuit will change, as will the electric current. As a result, the brightness of the light emitted by the bulb will change.

If we return to the analogy with the water bowls, then serial connection of two resistors (we must keep in mind that the bulb also works as a resistor) would be equivalent to water from the upper bowl flowing first through one hose and then through the other to the lower bowl.

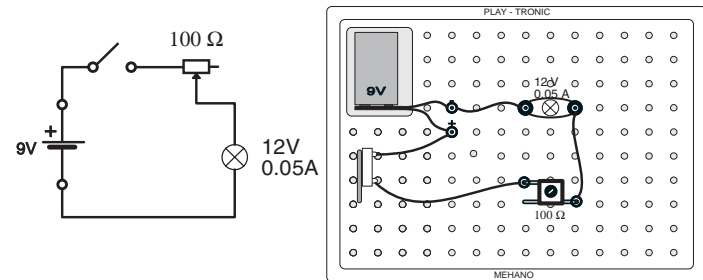


Fig. 8

Sometimes we don't have a resistor of the required resistance value. If we have two resistors the sum of which equals the required resistance, we can serially connect them in the circuit. The substitute resistance can be assembled from any number of serially connected resistors. The total resistance equals the sum of the resistance of all the serially connected resistors in the circuit:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

R is the resistance of all the serially connected resistors added together. R1, R2, R3, ... are the resistances of individual serially connected resistors.

The resistance of the entire chain of serially connected resistors is always larger than the resistance of the resistor with the highest resistance value.

9. VOLTAGE DIVISION ON TWO SERIALY CONNECTED RESISTORS

In the circuit in Fig 9, two resistors are serially connected. Leave the wire connected to spring clip 3 loose.

The total resistance of the serially connected resistors is:

$$R = R_1 + R_2 \text{ or}$$

$$R = 56\sim + 33\sim \text{ or}$$

$$R = 89\sim$$

The total resistance of the serially connected resistors is greater than the resistance of the largest single resistor.

The current which flows from the battery through the resistors is, according to Ohm's law:

$$U = I \cdot R$$

If we divide the upper equation by R we get:

$$I = U / R, \text{ from which it follows that:}$$

$$I = 9V / 89 \sim$$

or approximately:

$$I = 0,1 \text{ A}$$

To calculate the voltage across individual resistors, we again use Ohm's law:

$$U = I \cdot R$$

Denote the voltages across resistors R1 and R2 by U1 and U2. Thus it follows that:

$$U_1 = I \cdot R_1$$

or

$$U_1 = 0,1 \text{ A} \cdot 56 \sim$$

$$U_1 = 5,6 \text{ V}$$

Similarly:

$$U_2 = I \cdot R_2$$

$$U_2 = 0,1 \text{ A} \cdot 33 \sim$$

$$U_2 = 3,3 \text{ V}$$

The voltage at the battery equals the sum of the voltages across both resistors:

$$U = U_1 + U_2$$

$$U = 5,6 + 3,3$$

approximately:

$$U = 9 \text{ V.}$$

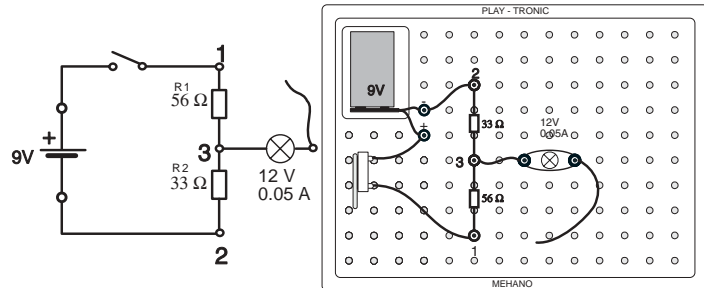


Fig. 9

The error can be ignored, since it is the result of approximations of the current flowing from the battery through the resistors.

If we have two serially connected resistors, the voltage will be greater across the one with greater resistance. Let's check!

Touch clip 1 and then clip 2 with the loose end of the wire. Repeat this several times. In the first case, the light will glow brighter than in the second. This is understandable, because the larger share of the battery's total voltage is at the first resistor, and the smaller at the second.

10. CIRCUIT WITH A LIGHT EMITTING DIODE

We here have a circuit with a 10k~ potentiometer, serially connected to a 1k~ resistor. Be careful how you turn the light emitting diode (LED)! For this experiment, use the red LED.

Turn the shaft of the potentiometer to the left and right. The light intensity of the diode will change.

Turn the potentiometer until the diode glows dimmest. We now have a resistor of 1k~ and a potentiometer of 10k~; the total resistance is therefore 11k~.

Now turn the potentiometer until the diode glows brightest. The slider on the potentiometer will have touched the output of the potentiometer. In this position, the resistance of the potentiometer is at its lowest; we can say there is none. In this case, the total resistance of the resistor and the potentiometer is 1k~.

What is happening is perfectly in accord with Ohm's law. When the resistance of the potentiometer increases, the total resistance of all the serially connected elements (the potentiometer, the resistor, the diode; the resistance of the switch is negligible) also increases. Therefore, the current flowing from the battery will be smaller and the diode will glow less brightly.

The circuit would work also without the 1k~ resistor, but we would

have to be very careful never to turn the potentiometer to its zero value, because in this position, the current flowing through the diode would be too strong and would damage it. In order to avoid this, we have included a resistor in the circuit, serially connected to the potentiometer, so that the total resistance of the resistor and the potentiometer can never be zero, and the diode will be safe from excessive current.

In which circuit does more current flow from the battery: this one, or the one with the bulb?

In the one with the bulb, because, according to Ohm's law, the current is stronger at the same voltage if the resistance is lower.

$$I = U / R$$

If we left them connected for a long time, which would glow longer, the bulb or the diode? The LED. Because the bulb needs a stronger current, the battery will drain sooner. Don't test this, because you will have to purchase a new battery for further experiments.

11. IS IT IMPORTANT HOW WE CONNECT THE LED?

Swap the connections to the LED. When you press the switch, the diode doesn't glow. Why?

Try to remember the description of the diode. Electric current flows through the diode in only one direction. If the LED is connected to the circuit the wrong way round, electric current will not be able to flow through it and it will not glow.

In general, you should remember that it is important how we turn a semiconductor diode. If the diode is connected incorrectly, the circuit will not function, and there is a chance that such carelessness could cause the diode (or some other element of the circuit) to burn out. Before connecting a semiconducting diode to an electric circuit, always check if the diode is the right way round.

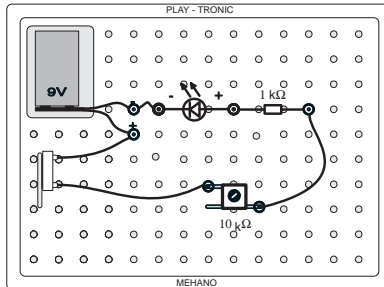
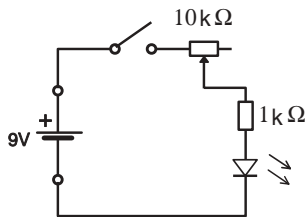


Fig. 10

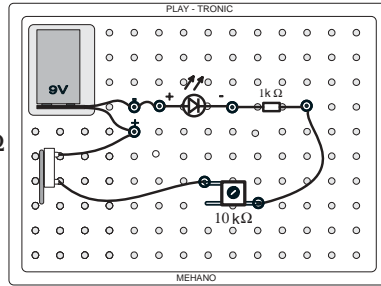
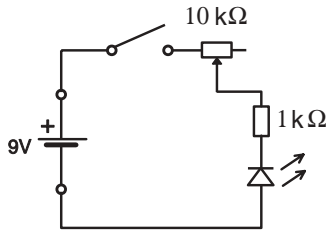


Fig. 11

12. CIRCUIT WITH TWO LEDs TURNED IN THE OPPOSITE DIRECTIONS

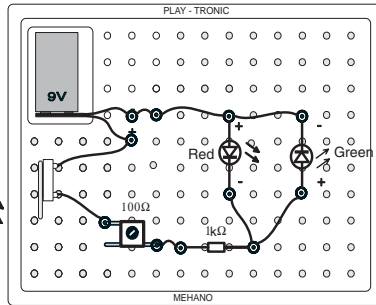
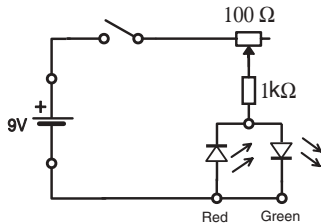


Fig. 12

Add to the previous circuit another (green) LED. Connect it to the circuit in parallel with the other diode, but turned the other way round. Press the switch. The red LED will glow just as before. The green diode will not glow because it is turned so that the current cannot flow through

it. Now swap the connecting wires to the battery. Press the switch and the green diode will glow. Because the battery connections have been switched, the electric current now flows in the opposite direction. The current now flows through the green diode, because the red diode is turned so that it cannot conduct current.

13. CIRCUIT WITH A LIGHT BULB AND A LED (1)

The circuit is made so that current can flow through its two parallel branches. In one branch we have a light bulb and an ordinary diode serially connected, and in the other a resistor and an LED. When we press the switch, the bulb and the LED will glow.

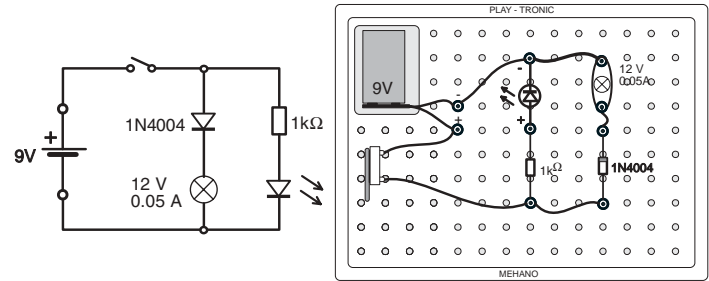


Fig. 13

14. CIRCUIT WITH A LIGHT BULB AND A LED (2)

Turn the ordinary diode around. Now only the LED will glow. Obviously, current does not flow through the branch with the light bulb, because the diode is turned so that it cannot conduct electric current.

15. CIRCUIT WITH A LIGHT BULB AND A LED (3)

Now the ordinary diode and the LED are turned in the opposite directions. Swap the connecting wires of the battery. The bulb will glow, but

not the LED. The LED is now turned so that it cannot conduct electric current. Depending on how the battery is connected, either the LED or the bulb will glow.

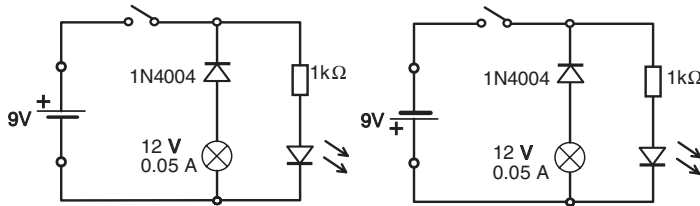


Fig. 14

Fig. 15

16. PARALLEL CONNECTION

We now have two branches of the circuit, one with a red LED and the other with a green one. Check the polarity of the LEDs!

If the circuit has been set up correctly, the LEDs will glow with approximately the same intensity. The current flows from the positive pole of the battery, then splits into two parts, one flowing through the green LED and the other through the red one.

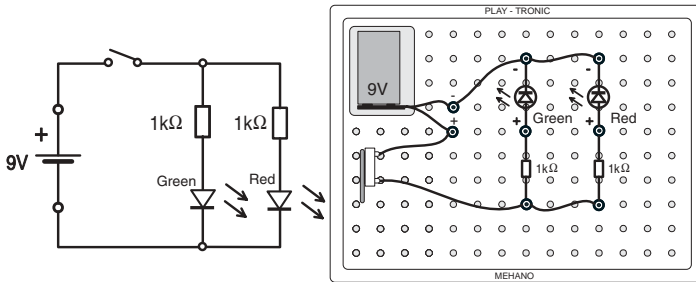


Fig. 16

17. CHANGED DIRECTION OF THE CURRENT IN THE BRANCHES OF A PARALLEL CONNECTION

Add another spring clip to the circuit. Disconnect one branch of the circuit, and connect a 10 k~ potentiometer between the 1 k~ resistor and the red LED. Connect the circuit to the battery. When you turn the potentiometer, the brightness of the red diode changes, while that of the green diode doesn't.

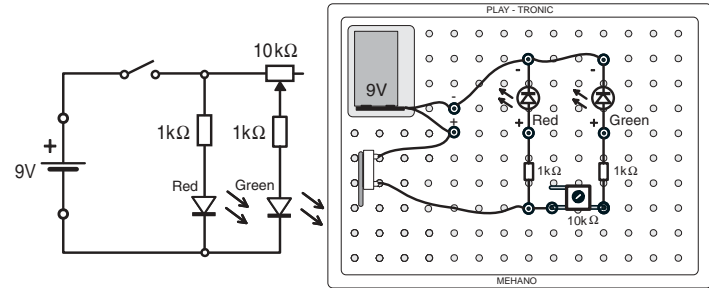


Fig. 17

The electric current flows from the positive pole of the battery through the conducting wire. Here, it splits in two: one part flows through the resistor and the green LED, the other flows through the resistor, potentiometer and the green LED. The resistance of the branch with the potentiometer is definitely greater, so less current flows through it and the green diode glows less brightly.

Call the current flowing from the battery I , the current flowing through the green diode I_g and the entire resistance of this branch R_g . If we then call the current flowing through the resistor, potentiometer and the red diode I_r and the total resistance of this branch of the circuit R_r , then:

$$I = I_g + I_r$$

In other words: the current which flows from one conductor through

several parallel branches equals the sum of all the currents flowing through individual branches of the circuit. This is Kirchoff's law of current flow, Kirchoff's first law.

For the entire circuit:

$$I = U / R$$

Here, R is the total resistance of the circuit.

The current flowing through the green LED is:

$$I_g = U / R_g$$

R_g is the resistance of the branch with the green diode.

The current through the red diode is:

$$I_r = U / R_r$$

R_r is the resistance of the branch with the red diode.

According to Kirchoff's first law:

$$I = I_g + I_r$$

or

$$U / R = U / R_g + U / R_r.$$

The voltage in the battery equals the voltage in both branches. If we divide the equation by U, it will still be valid, but in a different form:

$$1/R = 1/R_g + 1/R_r$$

This means: the reciprocal of the total resistance in a circuit equals the sum of the reciprocals of the resistance of its individual parallel branches.

If we use a common denominator for the right hand side of the equation and turn the equation around, we get:

$$R = R_g R_r / (R_g + R_r).$$

Kirchoff's law described in terms of water currents: we have one hose from the upper bowl which is divided into two hoses. The water flows through these two hoses to the lower bowl. The water flowing through the single hose splits into the water flowing through the individual parallel hoses.

Since the water does not get lost anywhere, we can conclude that the quantity of water (ie current) flowing through the upper hose is equal to the sum of the currents flowing through the parallel hoses.

Sometimes we don't have a resistor with the required value, but we have stronger resistors. If we have two resistors of which the sum of their reciprocal values is the required value, we can connect them in the circuit in parallel. The required resistance can be derived from any number of resistors connected in parallel. Of course, the reciprocal value of the total resistance equals the sum of the reciprocal values of all the resistors in the chain:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \dots$$

R is the equivalent resistance of all the resistors connected in parallel. R₁, R₂, R₃ ... are the individual resistance values of the resistors.

The resistance of resistors connected in parallel is always smaller than the resistance of the resistor with the smallest resistance.

18. ANOTHER EXAMPLE OF PARALLEL CONNECTION

The equation from which we calculate the total resistance of two parallel resistors proves that the total resistance of two parallel resistors is smaller than the resistance of the resistor with the smaller value.

We can demonstrate this through the following experiment (Fig. 18). One end of the 33~ resistor is not connected anywhere. The 56~ and the 100~ resistors are connected in parallel. Their total value is:

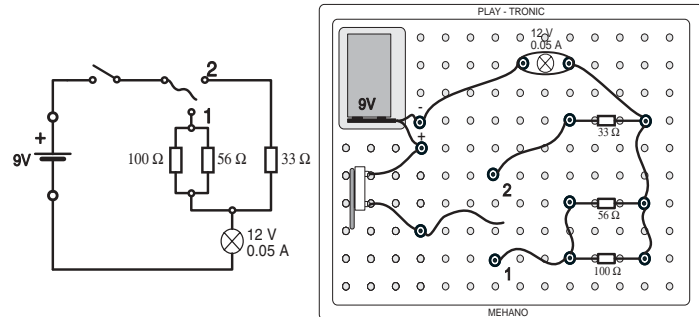


Fig. 18

$$1/R = 1/56 + 1/100$$

$$1/R = 0,0178 + 0,01$$

$$1/R = 0,0278$$

If we multiply the equation by R, we get

$$1 = 0,0278 \cdot R$$

If we then divide the equation by 0,0278, we get

$$1/0,0278 = R$$

or, approximately,

$$R = 36\sim$$

Now observe the bulb's brightness. Remove the wire from clip 1 and connect it to clip 2. The current now flows through the 33~ resistor. Because the 33~ resistor has almost the same resistance as the parallel 56~ and 100~ resistors, the bulb glows equally brightly in both cases.

What we have learnt here may come in very handy. If we do not have a certain resistor, we might be able to use two (or more) resistors connected in parallel or serially instead.

19. CHANGING THE BRIGHTNESS OF TWO LEDs AT THE SAME TIME

Assemble a circuit like the one in Fig. 19. What happens when you turn the potentiometer? In the part of the potentiometer where the slider is closer to the output connection, the resistance will be smaller and the voltage lower. The diode connected in parallel with this part of the circuit will glow less brightly.

20. CIRCUIT WITH LIGHT BULB AND LED IN SERIE

We have now learnt about the LED. As its name suggests, it emits light when electric current flows through it in the correct direction. This is precisely what we use them for. When the current flows through the diode in the correct direction, the diode should glow.

The current necessary for the diode to glow is very small, a few milliamps. This current is much smaller than that needed for the bulb. Therefore the bulb glows more brightly. If the current which flows

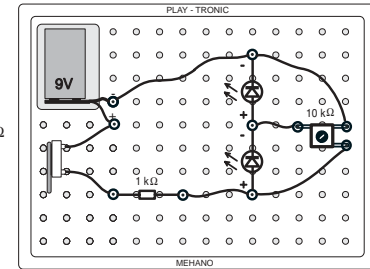
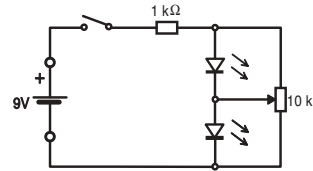


Fig. 19

through the bulb flowed through the diode, the diode would burn out. You will find in our experiments that a resistor is always serially connected to the diode. Its purpose is to limit the current flowing through the diode.

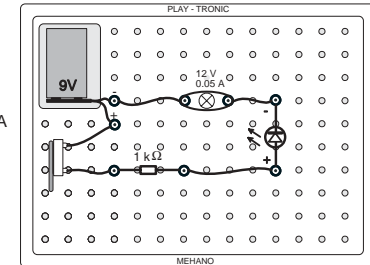
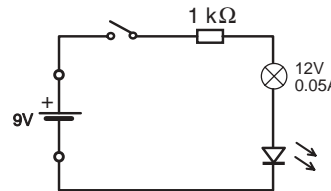


Fig. 20

From the circuit below, we will see that the current needed for the LED to glow is too small for the bulb. You should never connect the diode directly to the battery, without a 1k~ resistor serially connected to it. If you do, the LED will burn out immediately!

21. CAPACITOR AS A SOURCE OF ELECTRIC POWER

Assemble a circuit like the one in Fig. 21. Leave the positive pole of the battery free. Press the switch! Will the LED glow?. No, since there is no electric power connected to it. Let the switch go.

Now touch the positive pole of the electrolytic capacitor to the wire from the positive pole of the battery. There was no electric charge in the electrolytic capacitor. It was empty. When we connected it to the battery, the current jumped from the battery to the capacitor. The capacitor is now charged and can be used as a source of electric power.

Now leave the wire from the positive pole of the battery unattached and press the switch. Although the battery is disconnected, the LED glows! Since the power accumulated in the capacitor is limited, the diode will only glow for a short while. If you watch the diode, you will see that it glows less and less brightly. The electric current flows from the capacitor to the LED. We say that the capacitor is being emptied.

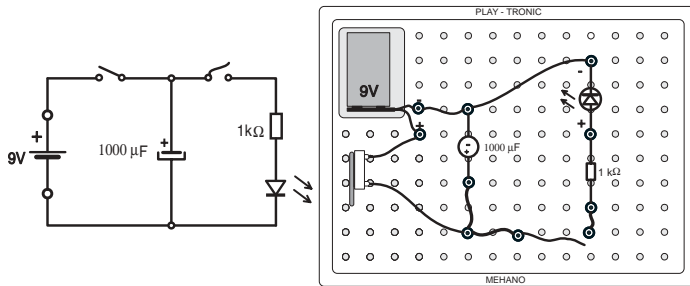


Fig. 21

22. HOW QUICKLY DOES THE CAPACITOR DRAIN?

Instead of the LED and a serially connected resistor, connect a light bulb. The bulb will only glow for a brief moment.

We have already learnt that the bulb needs more current than the LED.

This means that the light bulb has lower resistance. If more current flows from the capacitor, it will drain sooner. That's why the bulb glows for a shorter time than the diode.

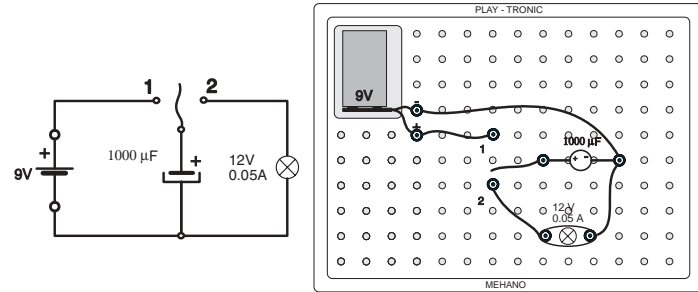


Fig. 22

23. A CAPACITOR CAN BE CHARGED AND EMPTIED SEVERAL TIMES.

Make a small adjustment to the circuit. Leave the wire connected to the bulb fitting free at the other end.

With this end of the wire, alternately touch spring clip 1 and then spring clip 2. Observe what happens.

When you touch clip 1, the capacitor is charged. The current which flows from the battery to the electrolytic capacitor also flows through the light bulb. When the capacitor is empty, the current will be stronger and the bulb will glow. When the capacitor is charged, the current stops and the bulb stops glowing.

If you touch clip 2 with the loose wire, the current will flow from the positive pole of the capacitor through the light bulb to its negative pole. At first, when the capacitor is fully charged, the current will be strong. As the capacitor drains, the current will grow weaker and the bulb will glow less and less brightly until it goes out.

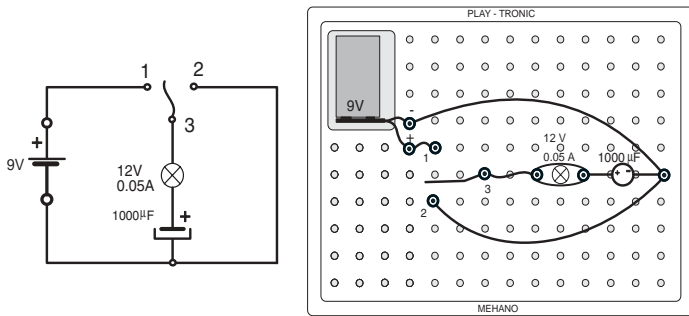


Fig. 23

24. ALTERNATING CURRENT CAN ALSO FLOW THROUGH THE CAPACITOR

As we charge the capacitor, the current will flow into the capacitor; when we empty it, the current will flow out. This means that while charging and emptying the capacitor, the current flows in opposite directions. We can prove this by assembling a circuit with two LEDs turned in opposite directions and connected in parallel.

Leave the other end of the wire connected to clip 3 loose. With this loose end, again touch alternately clip 1 and clip 2. Observe what happens.

As you know, current flows through a diode in only one direction. While the capacitor is being charged, current will flow through the red LED; and while it is draining, current will flow through the green LED. Therefore, the red diode will glow when the capacitor is being charged and the green diode will glow when it is draining.

We have also learnt that current no longer flows into a capacitor once it is charged. The capacitor thus stops the flow of direct current.

While the capacitor is being charged and drained, the current flows alternately into and then out of the capacitor. If current flows once in one direction and then in the opposite one through an element, we say that

alternating current is flowing through it. This experiment has proved that alternate current can flow through a capacitor.

Replace the 1000 µF capacitor with a 100 µF one. The LED will now glow for a much shorter time. Less electric charge can flow into a capacitor with a lower capacitance, and therefore the diode will glow for a shorter time.

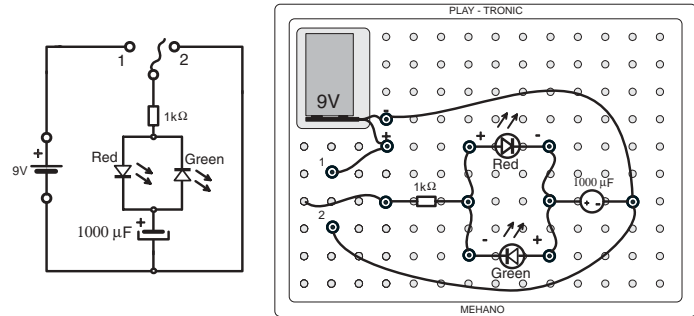


Fig. 24

25. PARALLEL CONNECTION OF TWO CAPACITORS

In this experiment, we have two capacitors connected in parallel. How do two capacitors connected in parallel behave?

Remember the ratio between the charge in the capacitor and the voltage at its contacts:

$$C = Q/U$$

In a charged capacitor with capacitance C and voltage U across the contacts, the charge will be

$$Q = C \cdot U$$

If two capacitors are connected in parallel, the charge conducted to them by a single wire will be split between the two capacitors:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

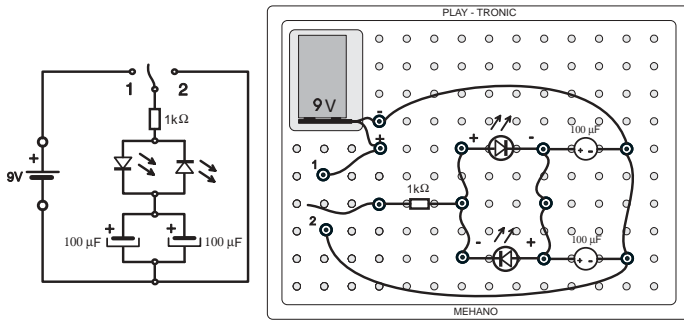


Fig. 25

where Q_1 and Q_2 are the charges in the first and the second capacitors respectively.

If their capacitances are C_1 and C_2 and their total capacitance C , the upper equation could be written as:

$$C \cdot U = C_1 \cdot U_1 + C_2 \cdot U_2$$

The voltage across the connections to both capacitors is equal, $U = U_1 = U_2$. We can thus write the equation as:

$$C \cdot U = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U$$

If we divide both sides of the equation by U , we get the formula for the total capacitance of two capacitors connected in parallel:

$$C = C_1 + C_2.$$

In our case, the total capacitance of the two capacitors is $200 \mu\text{F}$. This will be indicated by the diodes, which will glow for longer than when there was only one $100 \mu\text{F}$ capacitor connected to the circuit.

Just as we can alter the resistance by connecting resistors in parallel, so can we alter capacitance by parallel connection of two or more capacitors.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \dots$$

C is the capacitance of all the capacitors connected in parallel, equivalent to a single capacitor of such capacitance.

The capacitance of several capacitors connected in parallel is always larger than the capacitance of the capacitor with the smallest capacitance.

26. SERIAL CONNECTION OF CAPACITORS

Let's alter the circuit so that the capacitors are connected serially. If you touch one clip and then the other with the loose wire, you will find that the LED glows for a much shorter time than in the previous experiment. This indicates that the equivalent capacitance of serially connected capacitors is smaller than for capacitors connected in parallel.

When electric current flows into the capacitors, they become charged. The voltage across the contacts of both the capacitors will be equally divided among them:

$$U = U_1 + U_2.$$

If the substitute capacitance of two serially connected capacitors is

$$C = Q/U,$$

and the voltage at the contacts of this capacitor

$$U = Q/C,$$

then it follows that:

$$Q/C = Q_1/C_1 + Q_2/C_2,$$

where Q_1 and Q_2 are the charges in the first and second capacitor respectively, and C_1 and C_2 are their capacitances.

The charge which entered the first capacitor equals the current emitted by the second one. This is understandable, since no wire is connected between the two capacitors, which would direct the current in or out. Therefore:

$$Q = Q_1 = Q_2$$

If we divide this equation by Q , we get:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2,$$

which says that the reciprocal of the equivalent capacitance of two serially connected capacitors equals the sum of their reciprocals.

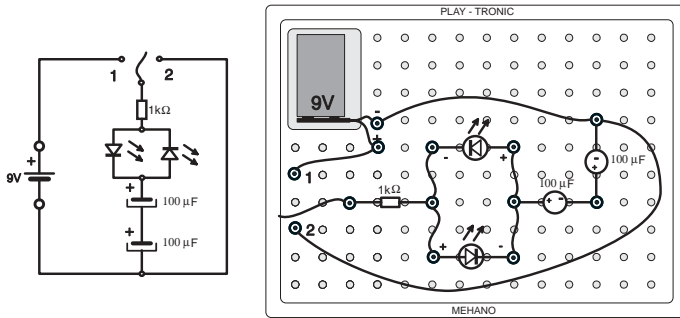


Fig. 26

As we did for parallel connection of resistors, we can write the same equation in a different manner. We find a common denominator for the right side of the equation and we turn the equation over. We get:

$$C = C_1 C_2 (C_1 + C_2),$$

In our experiment, we used two serially connected 100 μF capacitors. Their total capacitance will be 50 μF.

Just as a desired resistance can be obtained by two or several resistors connected in parallel, so a desired capacitance can be derived from two or more serially connected capacitors.

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \dots$$

C is the equivalent capacitance of all the capacitors. C₁, C₂, C₃... are the capacitances of individual serially connected capacitors.

The total capacitance of serially connected capacitors is always smaller than the capacitance of the capacitor with the smallest capacitance.

27. ELECTROMAGNET

If we let electric current flow through a coil of wire, the coil will behave as a magnet. This can be proved by a simple experiment.

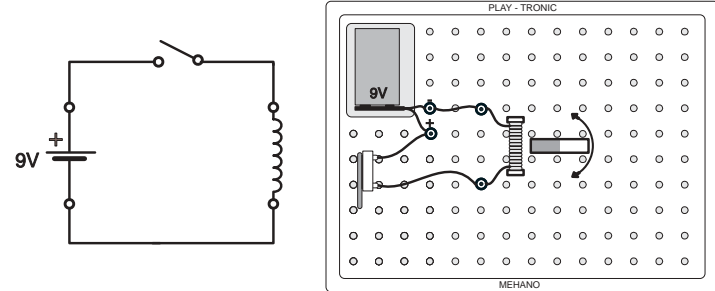


Fig. 27

Assemble a simple circuit in which the battery, the switch and a coil are serially connected. When switched on, the current will flow through the coil. Nothing appears to happen. Switch the circuit off.

Insert an iron nail into the coil so that part of it sticks out. Press the switch. The nail will instantly be pulled into the coil and will remain there.

Make another experiment. Tie a magnet to a thread and hold it hanging above the coil. Press the switch. The magnet will turn along the longitudinal axis of the coil through which the current is flowing. Remember how the magnet was turned. Now swap the connecting wires of the coil. Press the switch. The coil will again behave like a magnet, except the magnet on the thread will turn in the opposite direction. If we change the direction of the current flowing through the coil, the coil will behave as a magnet turned in the other direction.

The nail and the magnet would behave similarly if we put them close together. Our experiment indicates that a coil through which electric current is flowing behaves as a magnet. A magnet made from a coil through which electric current is conducted is called an electromagnet.

28. HERMETIC REED SWITCH

Place two spring clips on a piece of paper, slightly apart. Lift the paper and with the other hand hold a magnet beneath and vertical to it. The spring clips will become magnetised and will both behave like small magnets. Magnets either attract or repel each other. The spring clips will position themselves so that they attract each other.

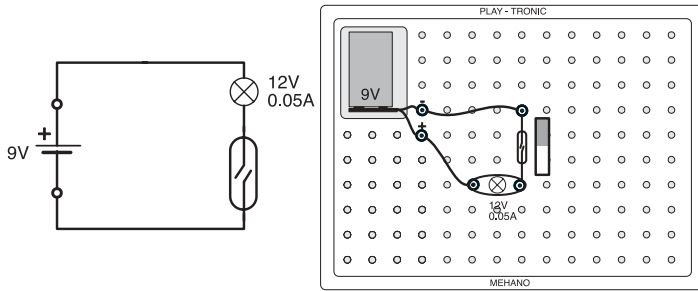


Fig. 28

Imagine that we connected both clips to a circuit so that the circuit would be closed when the clips touch. The circuit would then operate when we bring a magnet close under the paper with the slightly distanced clips.

The reed switch works on the same principle. Two flexible iron reeds are put close together in an airtight glass tube. When the reeds are magnetised, they will attract each other and make contact.

When they are no longer magnetised, they will pull apart because of their flexibility.

How do we magnetise the reeds? If we do this with a magnet, we get a switch which can be switched on and off by bringing a magnet closer or pulling it away. This situation is shown in the figure 28. When the mag-

net is brought close to the reed switch, the reeds will be magnetised and the current will flow through the light bulb, making it glow.

29. RELAY

We can fit a thin iron plate near the end of the electromagnet to switch on an electric switch when the electromagnet attracts it. Such an electromagnetic switch is called a relay.

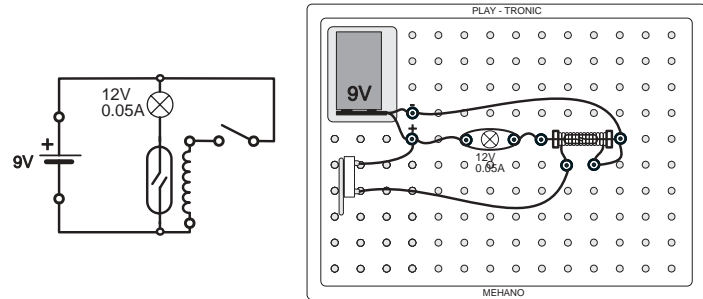


Fig. 29

We can also use an electromagnet for magnetising the reed switch. This will then also be a relay.

You can make a relay using the reed switch and the coil. This is called a reed relay.

Push the reed switch into the coil. The reed switch will be the switch to turn on the light bulb. When the circuit switch is on, the metal plates in the reed switch will make contact, the circuit will be closed, current will flow through the bulb and it will glow.

30. LOUDSPEAKER

How does sound travel through air? Sound waves propagate by sequences of smaller and greater air density, spread longitudinally in the direction the sound is travelling in. How can we trigger a sound wave? To do so, we must have an object which will vibrate forwards and backwards and cause sequences of more and less dense air. If you knock on the window you make it vibrate. The pane of glass vibrating will cause areas of varying air pressure around the pane itself, which will then spread out. Because this occurs on both sides of the pane, the sound will be heard on both sides of the window.

In electrotechnics, we use loudspeakers for creating sound waves. What exactly is a loudspeaker?

Remember the experiment with the coil and the magnet? We have found that the coil through which electric current is conducted behaves as a magnet. In a loudspeaker, there is a magnet in the housing. A coil fixed to a paper membrane is placed in a groove in the magnet. When current flows through the coil, it will be pulled into or bounced out of the groove in the magnet. This will make the membrane move forwards and backwards. If this repeats frequently enough we will hear a sound.

In this circuit, a 100 ohm resistor is connected in serially to the loudspeaker. Without the resistor, the fragile coil in the speaker would burn out. Press the switch. You will hear a slight cracking. Repeat this several times and watch the membrane. You will notice that the membrane moves in and out. When you press the switch, the membranes moves into the speaker. Swap the connecting wires and the membrane will be pushed out. You have to watch very carefully because these movements are only slight, no more than a fraction of a millimetre.

Why does the coil jump once in and then out again? We have learnt that the coil through which electric current flows behaves like a magnet. We also know that a magnet has two distinct poles. We also know that like poles repel and opposite poles attract each other. If we change the direction of the current in the coil, the poles of the magnet it creates also change. This is why the membrane is pulled once into the speaker (when

the coil and the magnet attract each other) and then bounced out (when the coil and the magnet reject each other).

Therefore, if we wish to hear sound from a speaker, we have to allow current of varying quantities through the coil. In this case, the membrane will move forwards and backwards and we will hear sound.

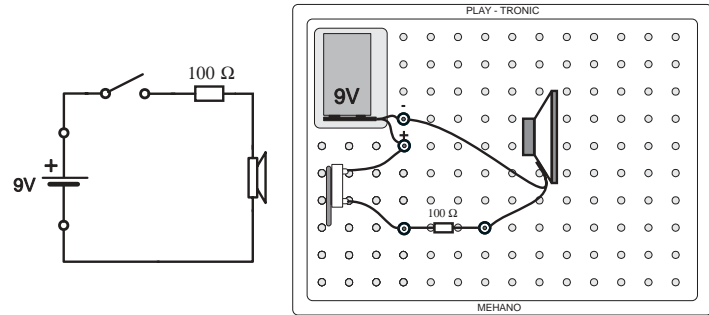


Fig. 30

31. THE TRANSISTOR

Have you read the description of the transistor? If you have, then you will find it easy to understand the following experiments.

In this circuit, we have a light bulb and a transistor connected in parallel. Be careful how the contacts of the transistor are connected! When you connect a transistor to the circuit, you must not swap the outputs! If you do, the circuit won't operate, or, if you're unlucky, your transistor will be ruined.

In your kit you have a BC548 transistor. If you hold it so that the contact wires are pointing down and the flat side with the inscription of the type of transistor is turned towards you, then the emitter will be to your right, the base will be in the middle and the collector will be to the left. Not all transistors have the same arrangement of contact wires. The

arrangement in this case is very common, but not compulsory. The arrangement of the outputs depends on the producer and the type of transistor. If you have a transistor for which you do not know the arrangement of the outputs, consult a manual. If you cannot find the description, you will have to find the correct arrangement of the outputs yourself. How this is done is shown later on in this booklet.

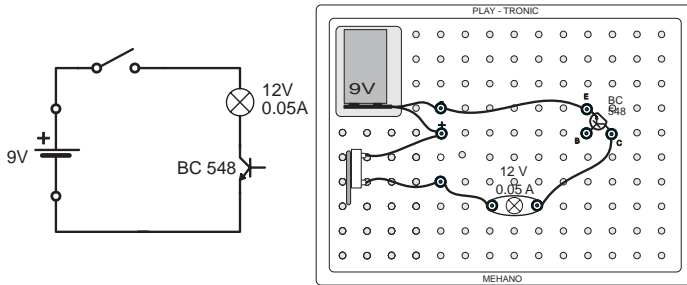


Fig. 31

Let us return to our circuit. Will the bulb glow? Of course not. The base of the transistor is not connected to anything, so current doesn't flow into the base. The transistor is closed. We can say that in a closed transistor, the resistance between the emitter and the collector is very great.

32. WHAT HAPPENS IF WE TURN THE TRANSISTOR AROUND?

Alter the circuit by connecting the emitter and collector so that they swap positions.

If you look carefully, you will see that the filament in the bulb is glowing slightly. Since the transistor does not have the emitter connected to the negative pole and the collector to the positive pole, it doesn't behave as it should.

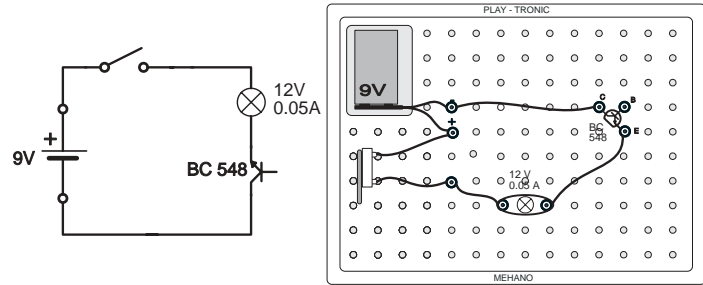


Fig. 32

33. TRANSISTOR AS SWITCH

On the marked place on the resistor, connect a wire leaving the other end loose. The light bulb will not glow. Why?

Current does not flow to the base of the transistor and the transistor is closed! What should be done for the current to flow through the transistor? The circuit should be such that a small current flows to the base. Connect the loose end of the wire to the clip connected to the positive pole of the battery. The current will flow through the resistor to the base, the transistor will be open and the bulb will glow. In this circuit, we have used the transistor as a switch. The switch is operated by the current flowing to the base: when the current flows to the base, the transistor will be open, electric current will flow through it and the bulb will glow. When current does not flow to the base, the transistor will be closed, electric current will not flow through it and the bulb will not glow. In brief, the transistor switch is operated by the current flowing to the base. This current is much smaller than the current flowing through the transistor, which makes such a switch very efficient.

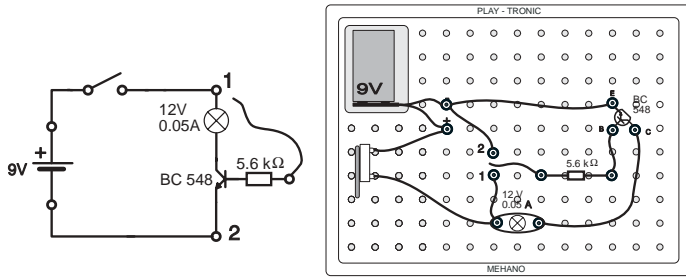


Fig. 33

What will happen if we connect the loose end of the wire to the negative pole of the battery? First try to imagine and then perform a test. The bulb will not glow, because current doesn't flow to the base and the transistor is closed.

An open transistor has very low resistance, and the voltage between the collector and emitter will be very small, no more than a tenth of a volt. For this reason, an open transistor should never be connected directly to the positive and negative poles of a battery. The current flowing through it would be too strong and it could destroy the transistor.

34. AN INCORRECTLY TURNED TRANSISTOR

Now turn the transistor the wrong way around. Swap the emitter and collector outputs.

When the loose wire is not connected, the bulb glows slightly. If we touch the positive pole of the battery with the loose end of the wire, the bulb will glow more brightly, but not with full brightness. A transistor connected in such a manner is not connected correctly!

If we wish to make use of the properties of the BC548 transistor, the collector should always be connected to the positive pole and the emitter to the negative one. A small current flowing to the base will open the transistor.

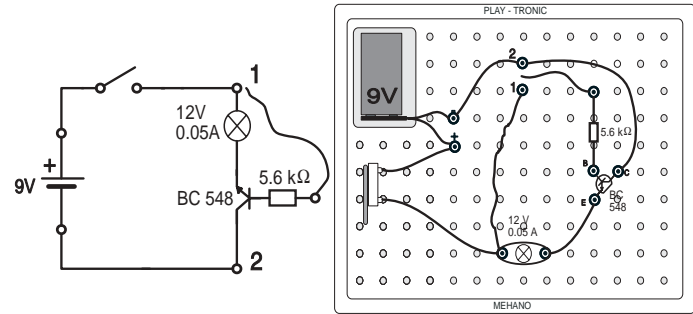


Fig. 34

Transistors which have the emitter correctly connected to the negative pole and the collector to the positive one are called NPN transistors. The BC548 is an NPN transistor. Some transistors must be connected with the emitter to the positive pole and the collector to the negative one. These are PNP transistors. We have not included any PNP transistors in this kit.

35. HOW DOES THE TRANSISTOR BEHAVE IF WE OBSERVE ONLY THE BASE AND THE EMITTER?

The light bulb needs a much stronger current to glow than an LED. If more current flows from the battery, it will drain sooner, but we can also use an LED to observe the functioning of the transistor. In fact, we can use an LED instead of a bulb in all our experiments, bearing in mind that the diode does not glow if turned in the wrong direction!

A 1 k Ω resistor connected in serially to the diode will ensure that too strong a current does not flow through the diode.

We have already said that the BC548 transistor in our kit is NPN. This means that for normal functioning, the emitter should be connected to the negative pole. If we want electric current to flow to the base

(and from there to the emitter), the base will have to be connected to the positive pole, the pole of the emitter. Connect the transistor as shown in the diagram. The LED will glow. This means that the current flows from the base towards the emitter.

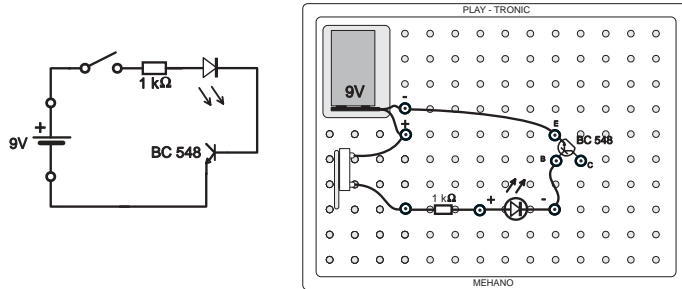


Fig. 35

36. IN A TRANSISTOR, THE DIRECTION BASE-EMITTER BEHAVES AS A DIODE

Now swap the base and emitter contacts of the transistor. The LED will not glow. This means that current through this transistor cannot flow in the direction from the emitter to the base. In other words, the base-emitter direction in the transistor behaves as a diode. In NPN transistors, this diode is turned from base towards the emitter.

37. HOW DOES THE TRANSISTOR BEHAVE IF WE OBSERVE ONLY THE BASE AND THE COLLECTOR?

Connect the transistor so that the collector is connected to the negative pole of the battery and the base is connected through the LED, the resistor and the switch to the positive pole. The emitter remains loose (not connected to anything).

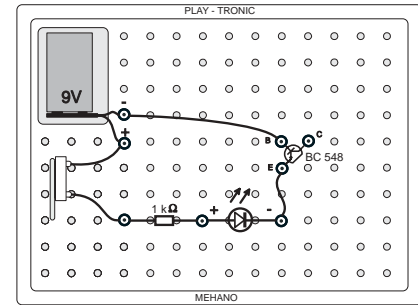
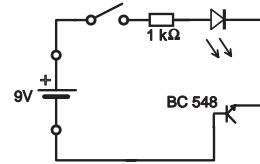


Fig. 36

When you press the switch, the LED will glow. This means that in our transistor, current can flow from the base towards the collector.

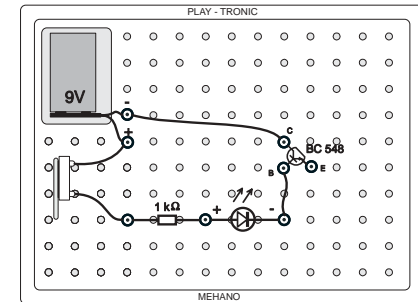
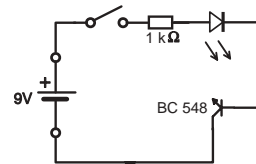


Fig. 37

38. IN A TRANSISTOR THE DIRECTION BASE-COLLECTOR BEHAVES AS A DIODE

Now swap the base and collector contacts of the transistor. The diode will not glow. This means that the current cannot flow from the collec-

tor to the base. In other words, in the base-collector direction, the transistor behaves as a diode. In NPN transistors, the diode is turned from the base to the collector.

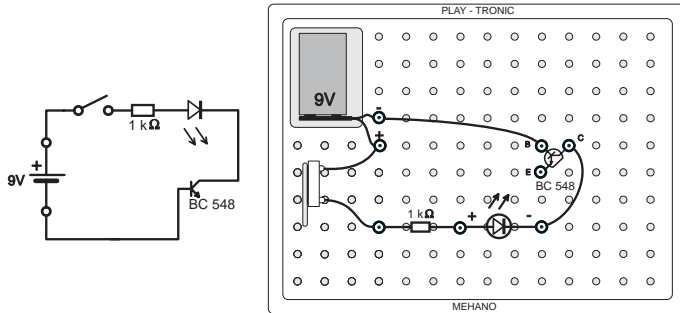


Fig. 38

39. CIRCUIT FOR TESTING TRANSISTORS

From what we have seen so far, we can conclude how a working transistor is supposed to function. If we have doubts about the transistor, we can quite easily assemble a circuit in which the properties of the transistor will be tested. The simplest of all is the transistor switch.

The circuit diagram shows how a transistor should be connected for testing. When the battery is connected, the LED should not glow. This is because current does not flow through the base and the transistor is closed. When you press the switch, current will flow through the base and the transistor will open. The LED will glow.

In a functioning transistor, the diode will not glow when the switch is off and will glow when the switch is on. If the diode either glows or does not glow equally in both positions of the switch, the transistor is damaged.

The circuit is very easy to assemble and you can use it whenever you suspect that a circuit isn't working because of a faulty transistor.

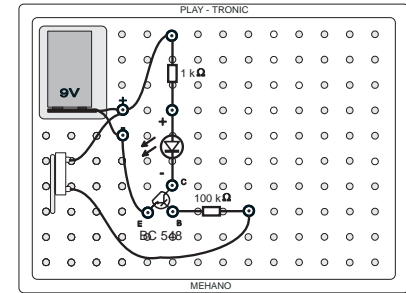
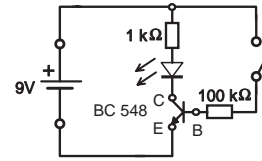


Fig. 39

40. HOW TO DETERMINE THE ARRANGEMENT OF CONTACTS ON THE TRANSISTOR

Now that you have some knowledge of how the transistor functions, you can find for yourself the arrangement of the contacts on an unknown transistor.

You will need a battery, a resistor and an LED.

- First check that the LED is correctly connected.
- The first step is to determine the type of transistor and the position of the base.

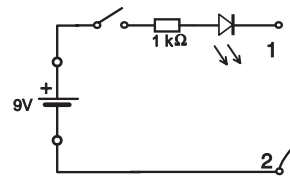


Fig. 40 a)

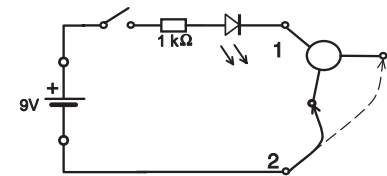


Fig. 40 b)

We now know that the directions base-emitter and base-collector behave as diodes. In these "diodes", the anodes (in the case of an NPN transi-

tor) are the base. We will therefore find the base of a transistor as if it were the anode of the two diodes: the emitter and the collector diode.

Now: connect one of the outputs of the unknown transistor to clip 1; with the loose wire from clip 2 touch first one and then the other output of the transistor. Watch when the LED glows. Then change the output of the transistor on clip 1 and repeat the test. Repeat this for all three outputs of the transistor.

c) If you have found a single position in which the diode glows after either of the two loose outputs of the transistor has been connected to the circuit, you have found the base and your transistor is NPN. Remember the position of the transistor. The output connected to clip 1 is the base.

d) If the LED does not glow no matter how we connect the transistor, or if it glows in all cases, the transistor is certainly damaged.

e) If in some positions the LED shines only when one of the loose outputs of the transistor is connected to the circuit, this does not mean that the transistor is damaged. First check that it is not PNP type. To do so, go to item g) of experiment 41.

f) Now we have to determine which of the other two outputs is the emitter and which the collector. In our case, we use the circuit for testing transistors. Test the transistor by taking first one and then the other output as the collector. Naturally, the base must be connected correctly. If the circuit is correctly assembled, the transistor will function. The difference in the luminescence of the LED when the switch is on and off will be more distinctive. If the transistor does not function as a switch, it is damaged.

41. TEST CIRCUIT FOR PNP TRANSISTORS

g) Check that the transistor is PNP type. In this type of transistor, the current is opposite to that of an NPN transistor. This means that the emitter must be connected to the positive pole and the collector to the negative pole of the battery. The base must also be fed from the negative pole of the battery.

In a PNP transistor, the directions base-collector and base-emitter behave as diodes with a common cathode on the base. Connect one of the outputs of the transistor to clip 2 and a loose wire to clip 1. Repeat the process described under b). Bear in mind that you are looking for diodes with a common cathode.

If you find a position in which the LED will glow after either of the remaining outputs of the transistor are connected to clip 1, the output connected to clip 2 is the base. Check that the same does not occur in any other position. If the LED does not glow in any position, or if it glows in all positions, the transistor is damaged.

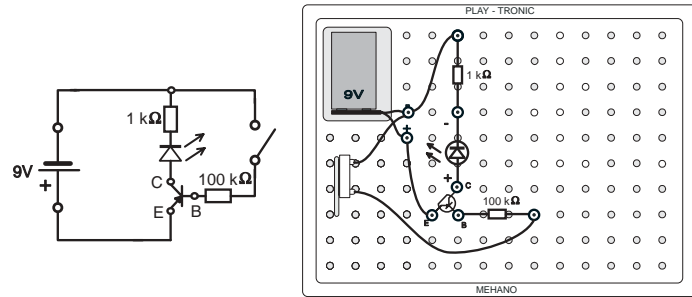


Fig. 41

h) After you have found the base of the PNP transistor, assemble a test circuit to check that the transistor functions as a switch. In the circuit diagram, you will see that the battery and the LED are in the opposite direction to the battery and the LED in the test circuit for NPN transistors.

i) Determine the emitter and the collector. You can make conclusions about them in the same way you did for the NPN transistor. Connect the transistor and see if it functions as a switch.

A transistor turned in the opposite direction will not function so well as

a switch, or will not function at all.

If you cannot find the base of the transistor (common anode for the emitter and collector in an NPN transistor, and a common cathode for the emitter and collector in a PNP transistor), or if the transistor does not function as a switch, then it is damaged.

We have already said that there are no PNP transistors in this kit. Nevertheless, this procedure will prove useful when you come across a completely unknown transistor.

42. CURRENT FLOWING THROUGH THE BASE CAN BE DIRECTED THROUGH THE COLLECTOR'S RESISTOR

Now recall the circuit diagram for the transistor as a switch. The current is directed to the base of the transistor through a resistor, one end of which is connected to the positive pole of the battery and the other end to the base. This is not the only way to direct current to the base of the transistor, which will open the transistor.

The figure 42 shows a circuit in which the current flowing to the base of the transistor also flows through a branch of the circuit between the collector and the positive pole of the battery.

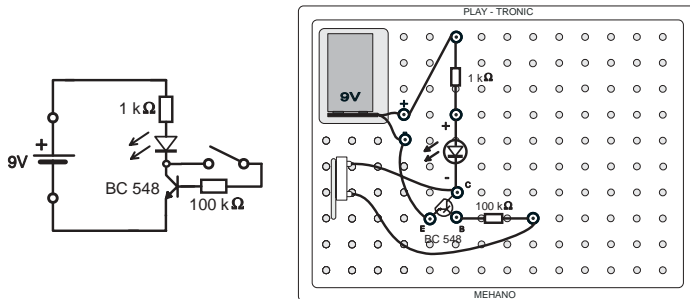


Fig. 42

Assemble the circuit as shown in figure 42. When you press the switch, the LED will glow. This means that the transistor functions as a switch.

43. CURRENT WHICH FLOWS TO THE BASE CAN BE DIRECTED FROM A VOLTAGE DIVIDER

The figure 43 shows another possibility for feeding electric current to the base of the transistor.

Two resistors are used as a voltage divider. The ratio between the resistance of these two resistors determines the current flowing to the base of the transistor.

All three methods of feeding current to the transistor shown here have the same effect on the transistor, providing that current flows to the base, and the transistor is open. Which method of feeding the base we use depends on how we wish to use the transistor.

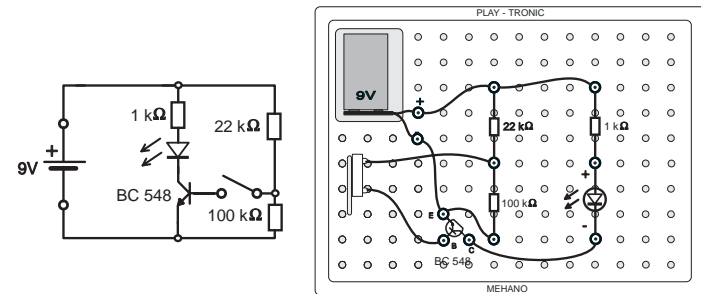


Fig. 43

44. SERIAL CONNECTION OF TWO TRANSISTOR SWITCHES

We now know that a transistor can be used as a switch. By directing a small current through the base, we can cause greater current to flow through the transistor.

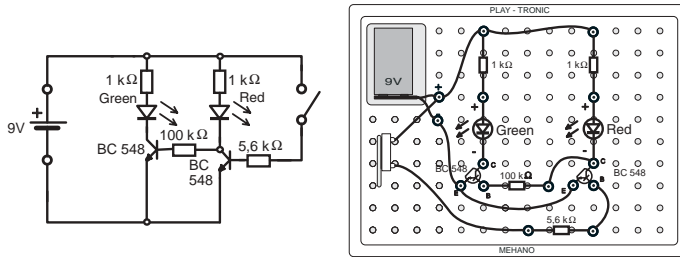


Fig. 44

With one transistor switch we can control another transistor switch. An example of this is shown in the figure 44. Between the collector and the positive pole of the battery there are a resistor and an LED.

The LED will signal whether the transistor is open or closed as a switch. If the transistor is open, electric current will not flow through it and the LED will not glow.

If we connect the battery to the circuit, the green LED will not glow. Why? The switch is not on. Current does not flow to the base of the first transistor, and it is closed. Since no current flows through it, we can consider it non-existent. The current will flow to the base of the second transistor through the red LED and the 100 kΩ resistor.

Because of the 100 kΩ resistor, the current will be too small for the red LED to glow, but it will be strong enough to open the second transistor and let the current flow through, making the green diode glow.

Press the switch. Now the current will flow to the base of the first transistor, which will thus be open. Greater current will then flow through it, making the red LED glow.

The right resistor and the right diode form the voltage divider. The base of the left transistor is fed through this voltage divider. The open transistor is a very small resistor. This resistance is so small that the voltage

on it is small. The current which flows to the base of the left transistor will thus also be very small. This will cause the left transistor to be closed, and the green LED will not glow.

45. THE TRANSISTOR AS AN ADJUSTABLE RESISTOR

Assemble the circuit as shown in figure 45.

The brightness of the light emitted by the light bulb depends on the position of the slider on the potentiometer. If the slider is closer to the positive pole of the battery, the bulb will glow more brightly, and if it is closer to the negative pole of the battery, it will glow less brightly. If you move the slider, the intensity will vary.

How does the circuit function?

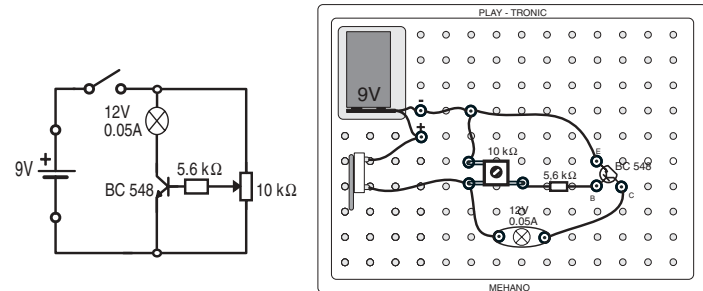


Fig. 45

When the slider is closer to the potentiometer output connected to the positive pole of the battery, more current will flow to the base. If we move the slider, the potentiometer becomes a voltage divider.

A resistor through which current flows to the base is connected to the voltage of this divider. If the voltage in the divider is higher, greater current will flow to the base of the transistor.

When the current flowing to the base of the transistor is greater, the light bulb will glow more brightly. In this case, greater current flows through the bulb (and also through the transistor). Since the bulb is the way it is, it is obvious that the properties of the transistor are changing in such a way that it behaves as an adjustable resistor, the resistance of which depends on the current flowing to its base.

Imagine you are turning the shaft of the potentiometer one way and the other. This will cause the voltage on the slider of the potentiometer to vary: once it will be higher and then later lower.

A higher voltage will send a greater current to the base of the transistor, and the transistor will be more open.

The varying voltage directed to the base of the transistor from the potentiometer can be brought from any other source. The transistor will amplify this voltage. We can say that the transistor used as an adjustable resistor is in fact an amplifier.

46. SERIAL CIRCUIT OF TWO TRANSISTOR AMPLIFIERS

Just as we could control one transistor switch with another, we can connect the output of one amplifier to the input of another, amplifying a small voltage several times.

In the circuit shown below, we have a serial connection of two transistor amplifiers. The LEDs serve as indicators showing how the resistance of the transistors changes.

Let us assume that the slider on the potentiometer is in such a position that the voltage on it equals zero. The current to the base of the transistor will also be zero, and the transistor will be closed.

In the previous case, the red diode didn't glow but the green diode did. The opposite will happen if the slider of the potentiometer is in a position where the current to the base is strongest. Then the red diode will glow and the green one won't. What about other positions of the potentiometer? Try them.

As you turn the shaft of the potentiometer, the red diode will glow

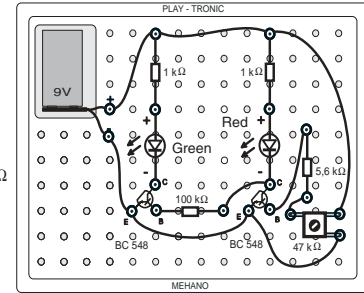
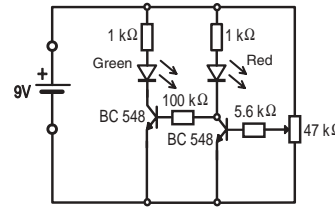


Fig. 46

brighter and the green one dimmer. If you turn it in the opposite direction, the red diode will glow less and the green one more.

This experiment shows how the output signal of one transistor amplifier can be used to control another. We have been controlling the light of the LEDs. At the second transistor where the voltage brought from the other transistor has been amplified, we can connect another element instead of the LED, one that needs more power to function, i.e. a light bulb or the coil of a relay.

47. A LAYER OF GRAPHITE FROM A PENCIL ON A PIECE OF PAPER CAN ALSO ACT AS A RESISTOR

In the introduction, we mentioned that a resistor is usually made of a ceramic body covered by a resistant layer. This layer can also be graphite.

In everyday life, we come in touch with graphite quite often. We can find graphite in an ordinary pencil: the core is graphite. How can we prove that? Make your own resistor.

Take a piece of paper and draw a broad thick line on it. Fold the paper so that the line lies along the fold. At each end fit a spring clip into which you have inserted a connecting wire. Now you have a resistor

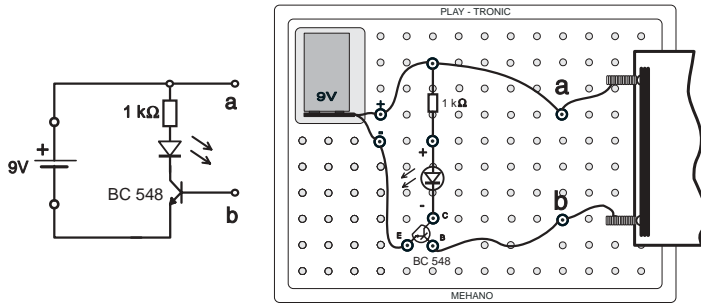


Fig. 47

with output wires.

How can you verify that this is really a resistor? Insert it into the circuit shown below. Through this resistor, the current will flow from the positive pole of the battery to the base of the transistor. The transistor will open and the diode will glow.

48. A LAYER OF GRAPHITE ON A PIECE OF PAPER CAN ALSO BE USED AS A POTENTIOMETER

We have already mentioned that the potentiometer is in fact a resistor in which the slider moves. Use the resistor described above and make it a potentiometer.

For this experiment you will use the resistor made for the previous experiment. Use a spring clip with a wire attached to it as the slider. Hold the clip and push it up and down along the graphite layer on the paper. Watch how the brightness of the diode changes. Recall the experiment where the transistor was used as an adjustable resistor. Here we have almost the same circuit, except that a home-made potentiometer was used instead of the a factory-made one.

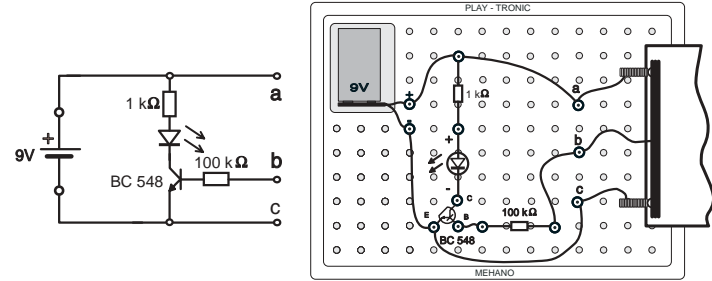


Fig. 48

49. ELECTRONIC GUARD

Now that we have learnt about the functioning of circuits with transistors, we can use the transistor in various ways. What kind of circuits can be made using the transistor depends on the imagination of its designer. The following experiment shows the transistor in a circuit which will send a signal when it is disconnected. Such a circuit can, for instance, be used to signal the undesired opening of a door. In this circuit, the transistor will be used as a switch.

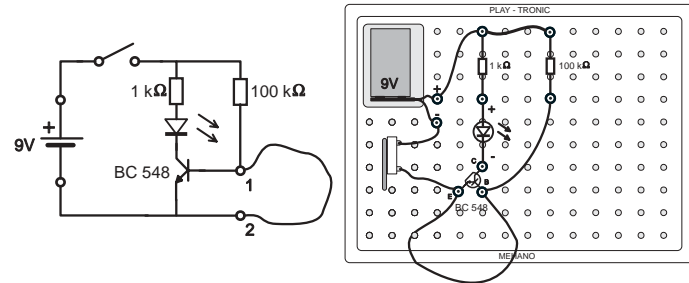


Fig. 49

Between clips 1 and 2 is a wire which causes a short circuit between the base and the emitter. Since current does not flow to the base, this transistor is closed. The current which flows from the positive pole of the battery through a $100\text{ k}\Omega$ resistor flows directly to the negative pole of the battery.

If you remove the wire from between clips 1 and 2, the current will flow to the base of the transistor and the transistor will open. The LED will then glow. So the circuit described can be used to detect a disconnection of the electric circuit. One possible use is as an electronic guard.

The wires between clips 1 and 2 can be of any length. Fit a gadget where you want to guard so that the circuit will easily be severed. The diagram below shows an example which can be used for signalling that the door had been opened.

Use a drawing pin to fix a paper-clip on the door and the door post on the side where the door opens. Connect the two paper clips to spring clips 1 and 2 on the circuit board. Fit a piece of wire between the paper-clips, making sure that it is not insulated at the point of contact. When this is done properly, the LED will not glow. Because of the wire between clips 1 and 2, there is a short circuit between the base and the emitter, and current will not flow to the base.

If someone opens the door, the wire will be pulled off the paper-clips and the connection between spring clips 1 and 2 will be severed. The current will now flow from the positive pole of the battery through the resistor to the base of the transistor. The transistor will open and the diode will glow.

We can select several such places which we wish to guard. We can then serially connect all such places (i.e. all doors and windows, cupboard doors, etc.) and bring the wires to our circuit. The problem here is that when we get a signal from the alarm, we won't know where the intruder triggered it. If we want to get this information, we will have to make a separate circuit for each of the guarded positions. If all the circuits are at the same location, we can use one battery for them all.

50. SIGNAL FOR HIGH LIQUID LEVEL

Most liquids conduct electric current. Not very well, but the resistance of liquids is small enough to allow sufficient current to control a transistor.

In your kit you will find a humidity sensor. This is a plate with two conductors fairly close together along a considerable length. Electric current cannot flow across the gap between the conductors.

If a conducting liquid comes between these two conductors, the resistance of the sensor will drop. We will use this property in our experiments.

In this circuit, a $100\text{ k}\Omega$ resistor and the humidity sensor are connected between the positive pole of the battery and the transistor.

When the liquid sensor is immersed in a liquid which conducts electric current, the current will flow from the positive pole of the battery through the $100\text{ k}\Omega$ resistor and the liquid sensor to the base of the transistor. The transistor will open and the LED will glow.

This sensor cannot be used for liquids which do not conduct electric current, such as oils and distilled water. In such cases, other sensors are used.

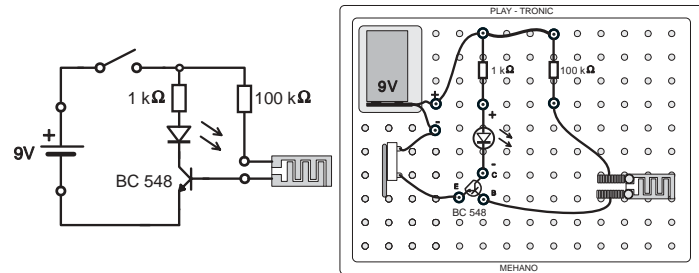


Fig. 50

51. SIGNAL FOR LOW LIQUID LEVEL

In this experiment, we want the signal to warn us when the level of the liquid is low. In this circuit, the humidity sensor forms a voltage divider with the 100 k Ω resistor, which branches off to the base of the transistor.

When the sensor is immersed in liquid, the resistance between its conductors will be small. The voltage between its clips will thus be too small for current to be conducted to the base, and the transistor will be closed.

When the container empties, the sensor will remain in the air. As the humidity dries up, the resistance of the sensor will increase. The voltage across the middle branch of the divider will increase, and the current will flow through the 100 k Ω resistor to the base of the transistor. This will open the transistor and the diode will glow.

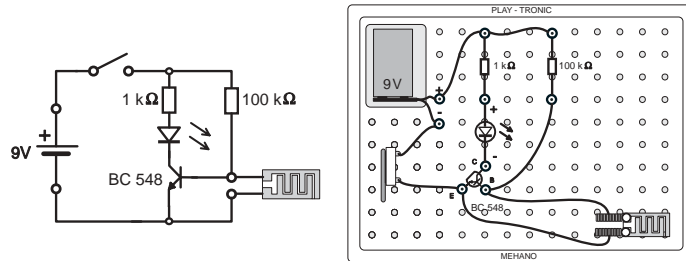


Fig. 51

52. SINGLE PHASE LOW FREQUENCY AMPLIFIER

Recall the description of how a loudspeaker works. If electric current flows through the coil of the speaker, the coil will behave as an electromagnet. This will cause the coil to be pulled in or bounced out of the relay electromagnet. If varying or alternate current flows through this coil, it will move in and out. This will cause movements in the air and

we will hear the sound it produces.

As a general rule, movement of a conductor close to a magnet (or movement of a magnet close to a conductor) will cause electric current to flow through it. This is the basic principle of electric generators in power stations.

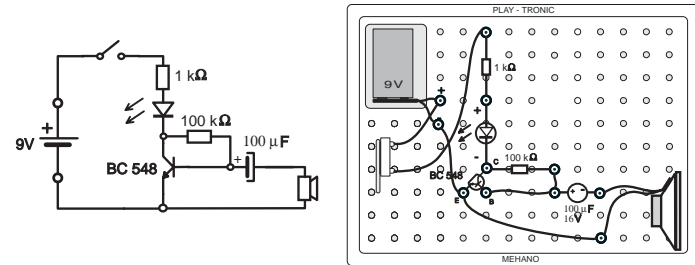


Fig. 52

What happens to the coil in the groove of a magnet if it moves? The movement will cause electric current to flow through it. We say that electric current is induced in it. Because the membrane moves in and out, the current in the coil will alternate directions. In brief, alternating current will flow through the coil if we talk into the speaker.

If we talk into a speaker, an electric signal will be induced, the voltage of which will depend on how loudly we speak at or tap the membrane. This is how some microphones function, for example those used in modern telephones. The construction of the loudspeaker and the microphone are very similar. In your kit there is no microphone. But never mind that; instead of a microphone, we will use the speaker.

In the circuit shown below, the resistors have been chosen so that the transistor is slightly open. This causes the LED to glow slightly. An electrolytic capacitor is connected in parallel to the microphone. Because the capacitor blocks direct current, the current flowing from the collector through the 100 k Ω resistor will flow to the base of the tran-

sistor.

The speaker, used here as a microphone, is connected to the base of the transistor via the electrolytic capacitor. If you tap the membrane of the speaker or talk at it, alternating current will be induced in the coil. We have already proved that alternating current can flow through a capacitor. This current will add to the current flowing to the base of the transistor through the resistor. The current flowing to the base will thus vary. As a consequence, the transistor will be more or less open, and the LED will glow with more or with less intensity.

53. TWO PHASE LOW FREQUENCY AMPLIFIER

In this experiment, we use two very similar low frequency amplifiers. Between the output of the first (the collector of the right transistor) and the input of the second (the base of the left transistor) there is an electrolytic capacitor which ensures that feeding of the base of the left transistor will be controlled only by the resistors around this transistor.

The first transistor amplifies the low frequency alternating current coming from the speaker, which is here used as a microphone. The amplified alternating signal flows from the collector of the right transistor through the electrolytic capacitor to the base of the left transistor.

Thus the signal at the collector of the left transistor will be amplified several times. The LED will show how the current flow through the left transistor varies as a result of the signal coming from the speaker.

54. ANOTHER VARIATION OF THE AMPLIFIER

The diagram below shows another variation of the two phase amplifier. Between the collector of the right transistor and the base of the left one, there is no electrolytic capacitor, allowing the direct current from the collector's resistor of the right transistor to flow to the base of the left transistor. If we compare the two circuits, we will find that in the second one we have used fewer elements. However, direct connection of direct current between the first and the second transistor can cause complications.

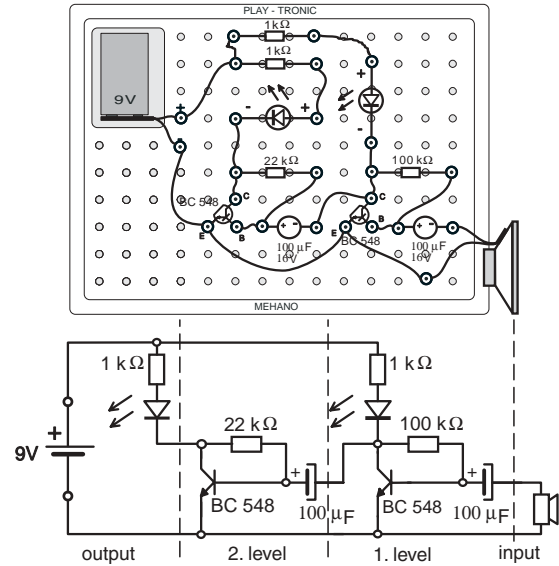


Fig. 53

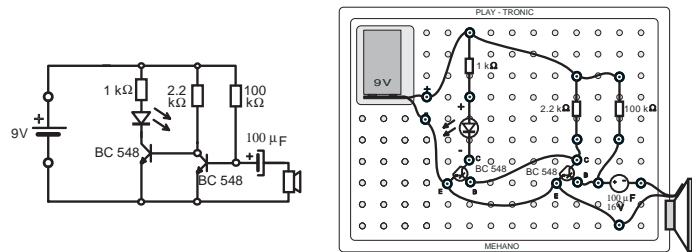


Fig. 54

55. "LIGHT SHOW"

Using amplifiers, we can amplify a weak signal coming from the input of the speaker enough to make a light bulb glow.

If you connect the light bulb directly to the outputs of the speaker, it will not glow. But with this circuit it will be enough to tap gently on the speaker or blow into it to make the bulb glow. A similar principle is used in circuits in discotheques where lights pulsate in time with the rhythm of the music.

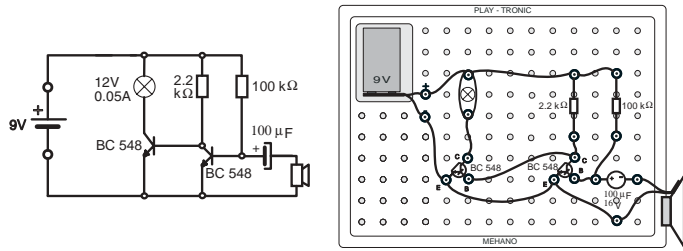


Fig. 55

56. SENSOR CIRCUIT WITH TWO TRANSISTORS

You have probably wondered how the sensor keys on your radio and TV receivers work. The key is not at all a button which needs to be pressed, but it works even if you only slightly touch it.

If you assemble the circuit shown in figure 56 it will become clear how the sensor keys function. Two transistors are used in this circuit. The spring clips from the positive pole of the battery and the 100 k Ω resistor connected to the other end to the base of the right transistor are placed close enough together for them both to be able to be touched by one finger.

Remember: if very small current flows to the base of the transistor, it will allow much stronger current to flow through the transistor from the

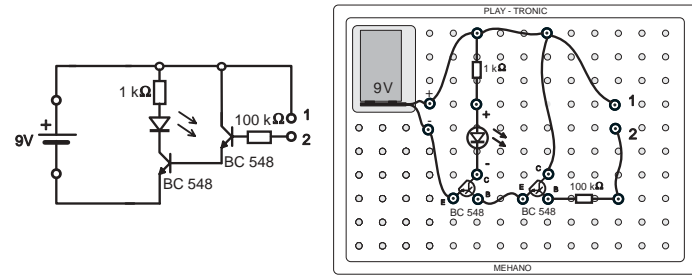


Fig. 56

collector to the emitter. This current can be fed to the base of the other transistor. Thus the current flowing to the base of the left transistor will be amplified, amplifying, in turn, the current flowing through it. Such connection between transistors in which current from the emitter of one transistor flows directly to the base of the other is called a Darlington circuit.

The surface of our skin is always covered in a variety of dirt, damp and acids (sweat). Thus electric current can flow across the surface of our skin. The resistance of the skin is fairly large, and the current flowing on its surface is very small. This current is fed to the base of the right transistor shown in the diagram below. When we touch the spring clips marked 1 and 2, the LED will glow.

What is the purpose of the 100 k Ω resistor between the sensor key and the base of the right transistor? The circuit would also function without the resistor, but ...

It could happen that somebody would by mistake (or on purpose) connect the sensor contacts to a metal piece. The base would then be connected directly to the positive pole of the battery. Remember: the direction base-emitter in a transistor behaves as a diode. This diode is turned so that the current can flow from the emitter to the negative pole of the battery. Current flowing directly from the positive pole of the battery

through the base of the transistor would definitely ruin it. A resistor serially connected to the base of the transistor protects it against powerful current flowing through its base.

57. SENSOR CIRCUIT WHICH SWITCHES OFF AN APPLIANCE

In this circuit, the right transistor is used as a switch which switches on the left transistor switch. Normally, electric current will not flow to the base of the right transistor. The transistor will therefore be closed and will present a very high resistance. The current will thus flow through the 22 k Ω resistor to the base of the left transistor, which will open and the LED will glow.

If you touch the "sensor" spring clips, electric current will flow to the base of the right transistor and open it. The open transistor will give less resistance and the voltage on the middle branch of the voltage divider consisting of the 22 k Ω resistor and the right transistor will drop. Current to the base of the left transistor will decrease and it will close. The LED will stop glowing.

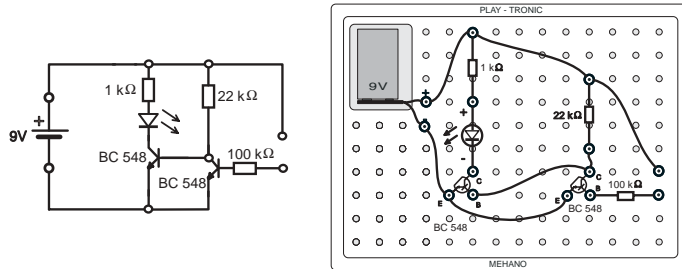


Fig. 57

58. CAPACITOR AND TRANSISTOR (1)

If you assemble the circuit shown below and connect it to a battery, the LED will not glow, because electric current does not flow to the base of the transistor and it is closed.

Press the switch. The current from the positive pole of the battery will flow through the resistor and the switch, and on to the electrolytic capacitor and the base of the transistor. At first the current will pour into the empty capacitor. As the capacitor becomes charged, the voltage at its contacts will increase. At a certain point, it will be high enough for some of the current to flow to the base of the transistor and the transistor will begin opening. The glow of the LED will increase until it reaches its maximum.

Release the switch button. The capacitor is charged and some electric charge is stored in it. When we release the switch, the capacitor will behave as a battery from which current can flow to the base of the transistor. This will cause the transistor to remain open for some time. As the capacitor empties the current flowing from it to the base of the transistor will grow smaller. The transistor will slowly close, and the glow of the LED will become weaker until it extinguishes.

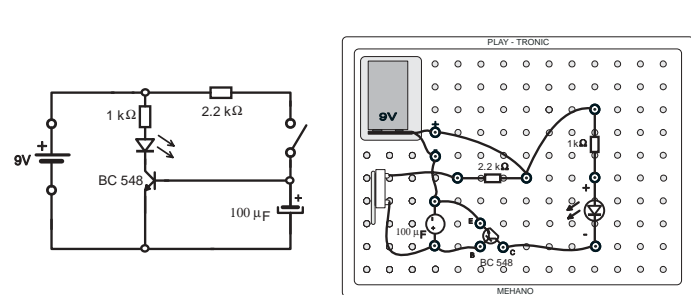


Fig. 58

59. CAPACITOR AND TRANSISTOR (2)

In this circuit, the switch is connected in parallel to the electrolytic capacitor. When you connect the circuit to the battery, the glow of the LED will increase, as in the previous experiment.

Press the switch. This will cause a short circuit of the capacitor, which will drain immediately. The LED will go out immediately too. Release the switch button. The capacitor will slowly begin to fill. At the same time, the transistor will begin opening, and the glow of the LED will increase until it reaches a maximum.

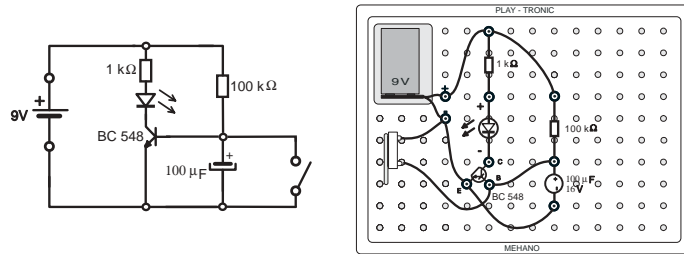


Fig. 59

60. SWITCHING ON AN APPLIANCE FOR A BRIEF MOMENT

A circuit which employs the properties of a capacitor being charged can also be used for switching on an appliance for a short period. This can be the ventilator in a bathroom, an electric doorbell or gong, etc. The circuit described here will not allow it, but if we connect a relay between the collector of the transistor and the positive pole of the battery instead of the LED and the serially connected resistor, the relay could function as a switch for appliances which need greater current and voltage.

How does the circuit function? Let us assume that the electrolytic capacitor is empty. When you press the switch, the current will flow from the

positive pole of the battery to the electrolytic capacitor. Then the current will branch off: one part through the 270~ resistor to the negative pole of the battery, the other through the 22 k~ resistor to the base of the transistor. The transistor will open and the LED will glow.

The capacitor will slowly fill. Once it is charged, current will stop flowing to it. Current will also stop flowing to the base of the transistor, which will thus close and the diode will not glow.

When you release the switch, the positive pole of the capacitor will not be connected to the positive pole of the battery, current will flow through the 1 k~ and 270 ~ resistors, and the capacitor will drain. Here the current flowing through the 270 ~ resistor flows in the opposite direction compared to when the switch is on, and the voltage on this resistor will be in the opposite direction than before. The transistor will be closed and the diode will not glow.

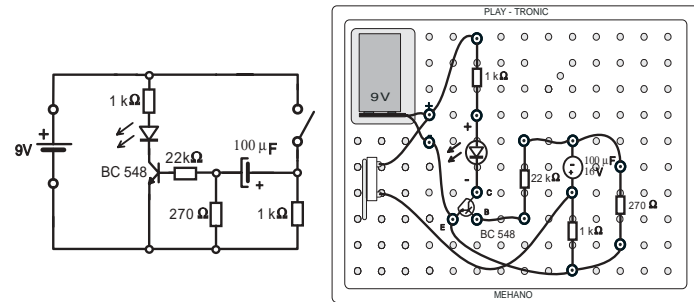


Fig. 60

61. SWITCH WITH AN ADJUSTABLE TIME LAPSE

Maybe you have had the chance to watch one of your parents trying to lock the car in an unlit parking lot after all the car doors were closed. Wouldn't it be much easier to find the lock if the lights in the car remained lit another few seconds?

Let's suppose that our press button switch is the switch which switches on the light inside the car. When contact is made, the current will flow from the positive pole of the battery through the 33~ resistor, after which one part will flow to the electrolytic capacitor, the other to the 2.2 k~ resistor. From here, one part of the current will flow to the base of the transistor, the other through the potentiometer to the negative pole of the battery. Because of the current flowing to the base, the transistor will open and the LED will glow.

Release the switch. The electrolytic capacitor will begin to drain through the 2.2 k~ resistor, from where one part of the current will flow to the base and the other part to the potentiometer and the 22 k~ resistor. Depending on the position of the potentiometer, the capacitor will drain faster or slower.

When the voltage in the electrolytic capacitor becomes too small to keep the transistor open, the LED will stop glowing. The potentiometer is there to regulate the delay between the moment when the switch is released and the moment when the LED goes off.

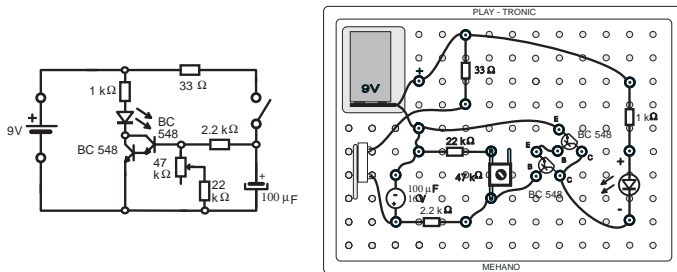


Fig. 61

62. CIRCUIT FOR TESTING ELEMENTS

In the circuit below, the LED will glow when current flows between clips a and b. How can this be used to testing elements?

If you connect a resistor between the clips, the LED will glow if the resistor is not damaged.

If you connect a capacitor between the two clips, the LED will glow for a short moment. When the capacitor is charged, the current will stop flowing from a to the capacitor and on through b to the base of the transistor. The diode will stop glowing. The diode will glow longer the higher the capacitance of the capacitor. If the LED continues to glow, the capacitor is damaged.

With this circuit we can also test diodes. A diode should be connected so that the cathode (the end of the diode which is marked) contacts with clip b. The LED will glow. If you turn the diode around, the LED should not glow. If the diode does not behave in this way, it is damaged.

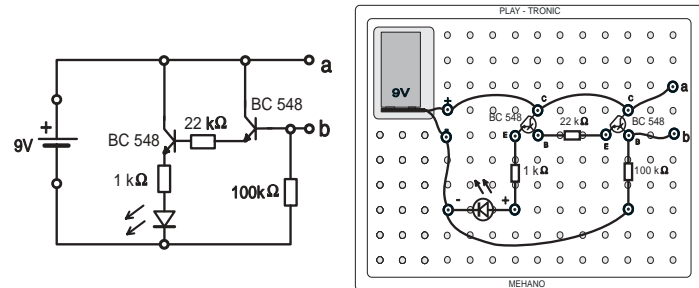


Fig. 62

63. CIRCUIT FOR TESTING DIODES

In the previous circuit we had to connect the diode twice to test the anode - cathode and then cathode - anode directions.

With the elements from the kit, you can assemble a complex circuit for testing diodes. Let us see how the circuit behaves if we connect a working and a damaged diode to it.

Let us first assume that the diode is disconnected inside. This would be

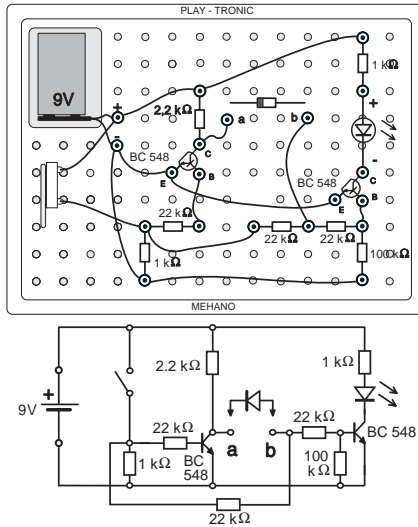


Fig. 63

the same as if there was nothing between contacts a and b. The right transistor will be closed, because the current can't reach its base. The LED will not glow. Press the switch. The current will flow through the switch and the 22 k Ω resistor to the base of the right transistor, which will open, and the LED will glow. If you press the switch, the left transistor will also be open, but for this test it is unimportant.

Let us assume that the diode is short circuited inside. This would be the same as inserting a piece of wire between a and b. Now the current will flow through the 2.2 k Ω resistor, the inserted wire and the 22 k Ω resistor to the base of the right transistor. The transistor will open, and the LED will glow. Press the switch. Now the left transistor will open and its resistance will be very small. As a result, the voltage between the emitter and collector of this transistor will be too small for the current to

flow to the base of the right transistor. The transistor will close and the LED will not glow.

Let us assume that the diode is working and inserted correctly (as shown in the diagram: the cathode on clip a). When the switch is released, the diode will stop the current, which would otherwise flow through the 2.2 k Ω resistor towards the base of the right transistor. Therefore, the LED will not glow. When you press the switch, the left transistor will open and the resistance between its collector and emitter will be very small. The current which would otherwise flow through the switch and the 22 k Ω resistor will instead flow through the diode and the left transistor, and the right transistor will again be closed. The LED will not glow.

Let us assume that the inserted diode is good but connected to the circuit in the wrong direction, that the cathode is on clip b. The current will flow through the 2.2 k Ω resistor, the diode and the 22 k Ω resistor to the base of the transistor, which will open, and the LED will glow. When you press the switch, the left transistor will open and the voltage across it will be very small. Current will flow through the switch and the 22 k Ω resistor towards clip b. Because the left clip of the diode is at a very low voltage (due to the open left transistor), the diode is turned in the wrong direction. The current will not flow in this direction but to the base of the right transistor. The transistor will again be open, and the LED will glow.

From this description, we can make the following table:

condition of the diode	switch is on	switch is off
good	off	off
disconnected	glowing	off
short circuited	off	glowing
turned in wrong direction	glowing	glowing

64. NOISE GENERATOR

You have probably seen amplifiers with a display which shows the volume of individual tones in the music you are listening to. On the display, you can see columns which jump up and down in time with the music.

Beneath the columns, the frequency range of each column is marked. i.e.: 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, etc.

For high-quality sound reproduction, it is essential that the amplifier amplifies all the tones equally. How can we check this? We would need the source of the signal, connecting it to the amplifier and measuring its volume at the output of the amplifier. At the source, we could then adjust the frequency of the signal and measure the volume of the output signal. Then we would change the frequency of an equally strong signal and measure its volume again. In this way, we would see which frequencies the amplifier amplifies most. With appropriate controls, we can then regulate the amplification for each frequency separately.

There is a signal in which the sounds of all frequencies are already present. This is noise. If we had a noise source, we could connect it to the input of the amplifier and measure at its output the volume of the signals with an instrument which can show the volume of individual frequencies. Such instruments have a display with columns like those described above. From here on, it would be easy to regulate the amplifiers.

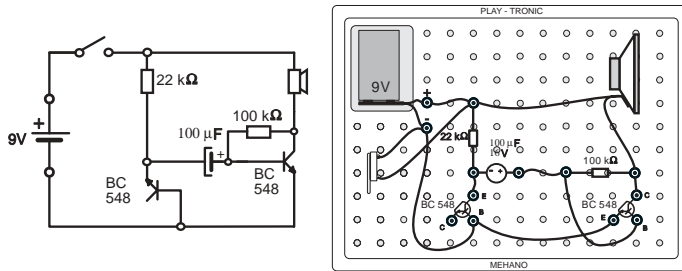


Fig. 64

A circuit which will generate noise is shown in the diagram below. The element which generates the noise is the emitter-base direction of the BC548 transistor used as a diode and connected to the circuit in the

wrong direction. A transistor connected to the circuit in this way will generate a hiss which we can amplify. Here we used a transistor amplifier. When you press the switch of the circuit, you will hear a hiss from the speaker.

65. TEMPERATURE SENSITIVE SWITCH

We have already become acquainted with the way thermistors, transistors and relays work. Our knowledge is now sufficient for us to assemble a more complex circuit.

Imagine you have a heater and you want it to switch on automatically when the temperature drops to a certain level. This can be done using a circuit very similar to the one in the diagram below.

The thermistor and adjustable resistor on the right side of the circuit diagram are in fact a voltage divider. If the resistance of the thermistor is smaller (which occurs at a higher temperature), the output voltage of the divider will be higher. The output of the divider is connected through a resistor to the base of a transistor. Since the voltage in the divider has increased, the current to the base will increase and the transistor will open. The voltage between the emitter and collector of this transistor will thus be small. The current flowing to the base of the other transistor will drop, the transistor will close, and the diode will stop glowing.

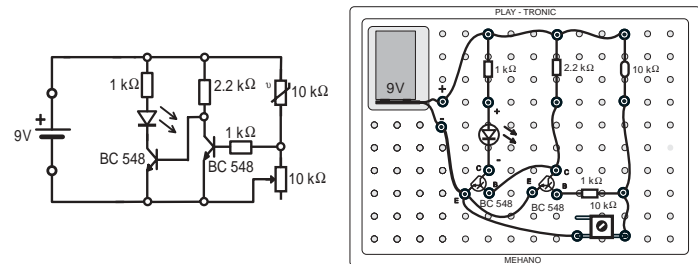


Fig. 65

If we connected a relay instead of the LED and the 1 k Ω resistor, it could switch on the heater or open the hot water electric valve in a central heating system.

As the temperature drops, the resistance of the thermistor will increase. This will cause the right transistor to close and the left transistor will open and the diode will glow.

The circuit can be fitted anywhere, but the thermistor has to be at the spot where we want to regulate the temperature.

Between the thermistor and the negative pole of the battery is an adjustable resistor or potentiometer. If the resistance is smaller, less current will flow to the base of the right transistor. If we want the current flowing to the base of the transistor to be strong enough to cause the relay to switch on, the resistance of the thermistor must drop to a lower value, which will happen at a higher temperature.

This means that by changing the position of the slider on the potentiometer, we can regulate the temperature at which we want the heating to turn on. With a lower resistance of the potentiometer, the heating will turn on at a higher temperature, and vice versa.

When the circuit is assembled, turn the shaft of the potentiometer so that the LED stops glowing.

Then turn it back just enough for the LED to start glowing. Then hold the thermistor with your fingers. This will heat it and the LED will stop glowing. Wait a short while. The thermistor will cool off and the diode will glow again.

66. ELECTRIC CANDLE

To light a candle you need a source of heat (fire from a match), and to extinguish it you only need to blow it out. The following circuit will behave in a similar manner.

If you heat the thermistor with your fingers, its resistance will drop. The voltage at the thermistor will be lower, and more current will flow to the base of the right transistor. From there, more current will flow to the base of the left transistor, causing it to open and the light bulb to glow.

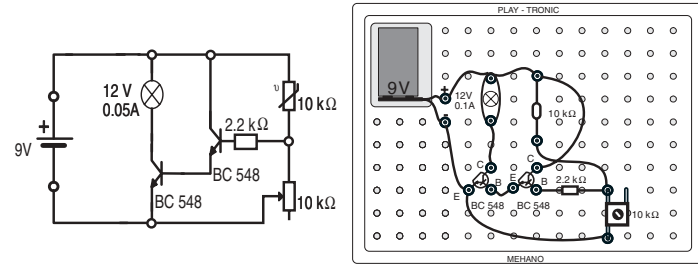


Fig. 66

If the bulb and the thermistor are close together, the heat from the bulb will heat the thermistor, and the bulb will continue glowing.

What needs to be done for the bulb to go out? Blow at the thermistor so that it cools off. If necessary, blow several times and the bulb will slowly go out. A cooler thermistor has greater resistance and less current will flow through it.

Less current will then flow to the base of the transistor and thus through the transistor. The bulb will stop glowing.

With the adjustable resistor, you can regulate the temperature at which the bulb will begin glowing. Turn the shaft of the potentiometer so that the bulb goes off. Wait for the thermistor to cool. Then turn the potentiometer until the bulb starts glowing again and quickly turn it back so that it just goes off again. Check the position of the bulb and the thermistor. The filament should be as close to the thermistor as possible.

67. SIGNALLING TEMPERATURE CHANGES

Sometimes we want to know if the temperature has changed from the previously set one, and if so, in which direction. This can be done using a circuit similar to the previous one.

Characteristic of this circuit is the way the transistors are connected. The current flowing from the emitters flows through a joint 1 k Ω resistor.

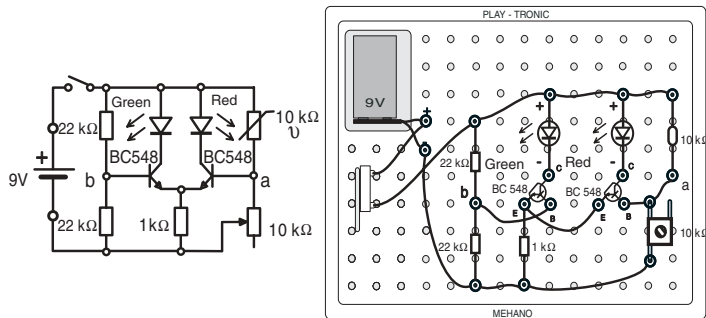


Fig. 67

This resistor determines how much current will flow through both the transistors together. More current will of course flow through the transistor which has lower resistance. Because the current can flow through the left or the right transistor, or through both equally, this is called a balanced circuit. The circuit reacts strongly to differences in the voltages between points a and b. If these two voltages are equal, the circuit is balanced. In this situation, both the diodes will glow with equal intensity. The situation is like a seesaw: each side can go up or down, but if both parties make an effort, they can reach a balance where the seesaw will remain stable.

If equal current flows through both the bases, the circuit will be balanced and both transistors will have equal resistance. Both diodes will glow with equal intensity.

If the thermistor warms up, its resistance will drop. The voltage at point a will be slightly higher than at point b. The right transistor will be more open than the left one, and the right diode (red) will glow brighter and the left (green) one dimmer than before.

If the thermistor cools down, the voltage at point a will drop. Now the voltage at point b will be higher than at point a. The left transistor will now be more open than the right one, and the green diode will glow

brighter and the red one weaker.

Using the potentiometer in the circuit as an adjustable resistor, we can adjust the temperature (or resistance of the resistor) at which the circuit will be balanced. At that point, both diodes will glow with equal intensity. If the temperature drops, the green diode will glow brighter and the red one dimmer. When the temperature rises, the opposite will happen. One glance at the LEDs will be enough to see whether the temperature is below or above the preset level.

68. SIGNALLING A PRECISELY SET WATER LEVEL IN A CONTAINER

The circuit is made from the balanced circuit of two transistors described in the previous experiment. In this case, the signalling unit will be adapted for liquids. It could consist of two long parallel bare wires. As the level of the liquid rises, the resistance between the wires fitted vertically to the wall of the container will change.

Because the resistance of liquids is different in each case, the adjustable resistor and its adjustment will have to be carefully chosen. In the example in the diagram, we have used a 47 k~ adjustable resistor.

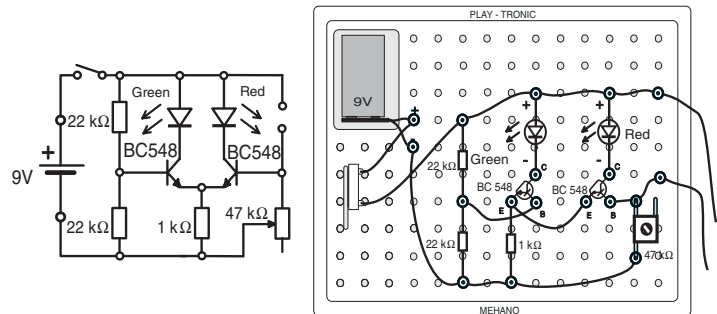


Fig 68

69. LOGICAL INVERTOR (NOT)

You have probably wondered how a computer functions. Believe it or not, even the most complex computer is assembled from a multitude of simple circuits.

A computer cannot calculate and work with numbers the way people do. The circuits cannot use the multiplication table the way we do. In computers, all the commands and data are written in signs which include only zeros and ones. Imagine these zeros and ones as "no voltage" and "voltage". We will not indulge in the transcription of data and commands, but we will show the basic circuits of any computer or computer integrated circuit.

Logical signals can be observed similarly as an LED which either is or isn't glowing. We will say that the input data is a logical 1 when the input clip is connected to the positive pole of the battery, and a logical 0 when it is connected to the negative pole. At the output of the circuit, the logical 1 is when the LED glows and the logical 0 when it doesn't.

The operation of any digital circuit can be described by a table which shows the logical state at the input (inputs, if there are several) and output (outputs, if there are several). Such a table is called a truth table.

We will restrict ourselves to circuits with a maximum of two inputs. In all our circuits, we have shown the position of the inputs, the circuit

itself and the BC output. Since some of the circuits have two inputs and the kit includes only one switch, you can help yourself with a wire connected to the input spring clip which you connect first to the positive (logical 1) and then to the negative (logical 2) pole of the battery.

The simplest logical circuit is the invertor. This circuit reverses the meaning of the input signal. If we have a logical 1 as input, we will have a logical 0 as output, and vice versa.

The truth table of the invertor is:

INPUT	OUTPUT
0	1
1	0

The circuit used as an invertor is in fact a transistor switch in which we can see whether the transistor is open or not. If the input clip (v) is connected to the positive pole of the battery (a), the transistor will be open and have small resistance. The LED connected in parallel to it will not glow.

When the input clip (v) is connected to the negative pole (b) of the battery, the transistor will be closed and have great resistance. The current from the positive pole of the battery will flow through the 1 k Ω resistor and the diode, which will glow.

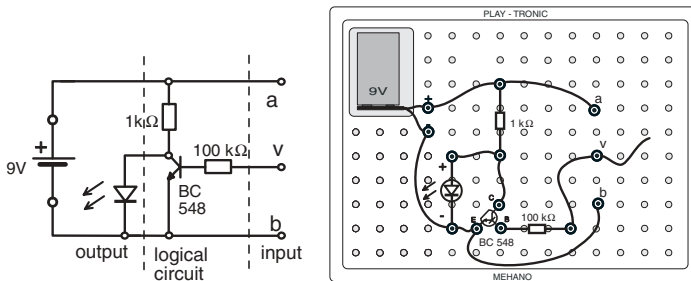


Fig. 69

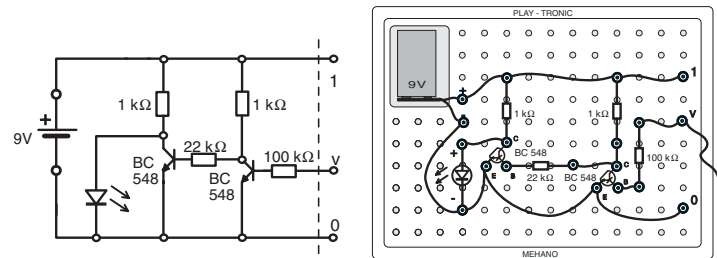


Fig. 70

70. TWO SERIALLY CONNECTED INVERTORS

The inputs and outputs of logical circuits can be integrated to form new circuits. In this way, we use simple logical circuits to create circuits which can have very complicated functions between their input and output state.

Here we have a simple example: two serially connected invertors. We can guess what the truth table will be: if the first invertor reversed the meaning of the logical signal, then the second will re-reverse it.

The truth table of this circuit will be:

INPUT	OUTPUT
0	0
1	1

71. LOGICAL OR

In this circuit, the LED will glow when there is a logical state 1 on any of the input connections.

In this circuit, the two transistors have their emitters and collectors connected. When either of them is open, current will flow through the 1 k Ω -resistor, the transistor and the LED. The transistor will open when you touch the positive pole of the battery to the wire from the input.

INPUT1	INPUT2	OUTPUT
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

72. LOGICAL AND

In this circuit, we have two transistors connected serially. The current will flow through the LED only when both transistors are open. This means that both the inputs have to be connected to the positive pole of the battery, that is have a logical state 1. The truth table would look like

this:

INPUT1	INPUT2	OUTPUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

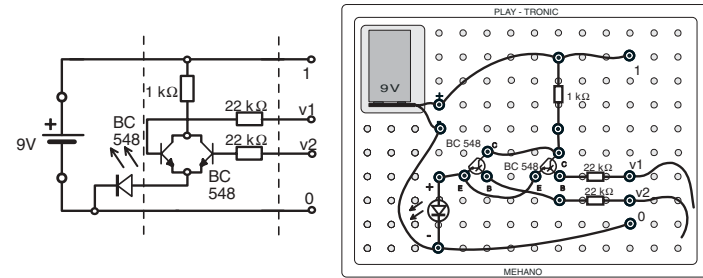


Fig. 71

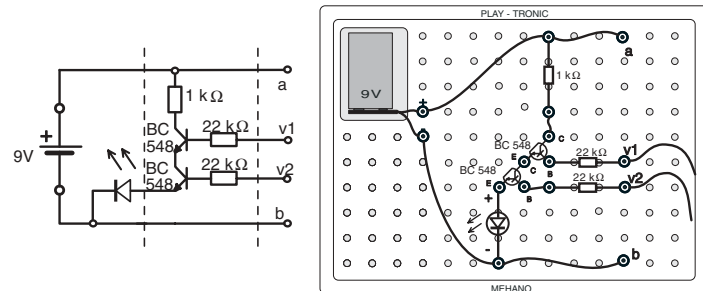


Fig. 72

73. LOGICAL NOT OR (NOR)

In this circuit, we again have two transistor switches in parallel. The LED will show when both transistors are closed and when the transistor switches are open. When closed, the transistors will have very high resistance and the current will easily flow through the diode, which will glow. The truth table for this circuit is:

INPUT1	INPUT2	OUTPUT
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Look at the OR truth table. In the NOR circuit, the output signal is opposite from the one in OR.

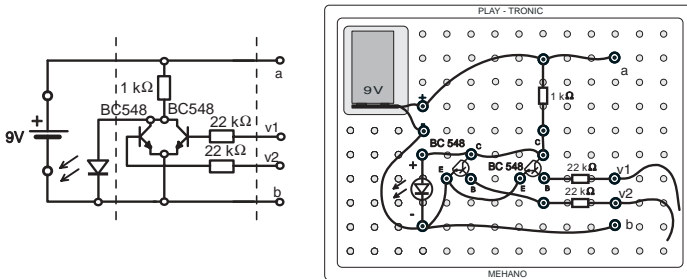


Fig. 73

74. LOGICAL NOT AND (NAND)

Try to recall the truth table for the AND circuit; the truth table of this circuit will have opposite output states.

INPUT1	INPUT2	OUTPUT
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

In this circuit, we can tell when two transistor switches are on simultaneously. If you touch the positive pole of the battery with the wires from both the inputs, the current will flow to the bases of both the transistors, and the parallel diode will not glow. When either or both the transistors are closed, there will be too much resistance and no current will flow through it. The voltage at the LED will be high enough to make it glow.

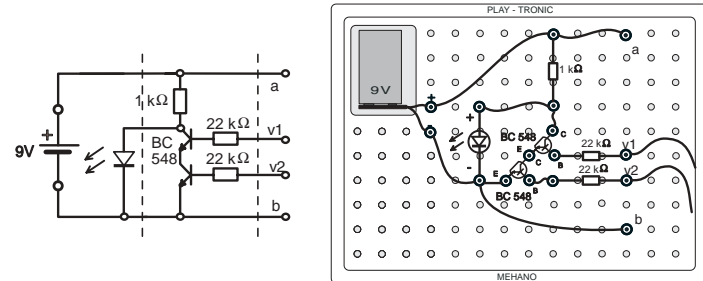


Fig. 74

75. LOGICAL NAND ASSEMBLED FROM AND AND NOT

We have said that the inverter can always be used to reverse the meaning of the signal. We can thus get the same results with a NAND circuit as with an AND circuit followed by an inverter.

If we need only the functions of NAND, we can use the circuit described above, because it requires fewer elements than this circuit. But, if we need both the NAND and the AND functions, we do not have to assem-

ble both the circuits. It will be enough if we link an AND circuit to an inverter. This will make the circuit simpler. In very complex logical circuits, designers use these "details" to cut costs and reduce the space needed for the circuits.

Let's say that we need both the AND and the NAND functions. We will get the following truth table:

INPUT1	INPUT2	OUTPUT AND	OUTPUT NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

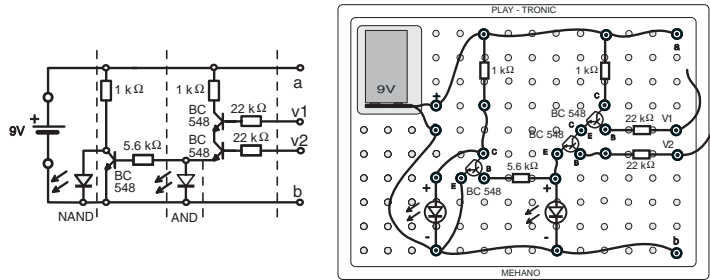


Fig. 75

76. LOGICAL NOR ASSEMBLED FROM OR AND NOT

Just as we have assembled the logical circuit NAND from AND and NOT, we can assemble the logical circuit NOR from OR and NOT. Here we have two outputs, OR and NOR. The truth table for such a circuit is:

INPUT1	INPUT2	OUTPUT OR	OUTPUT NOR
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

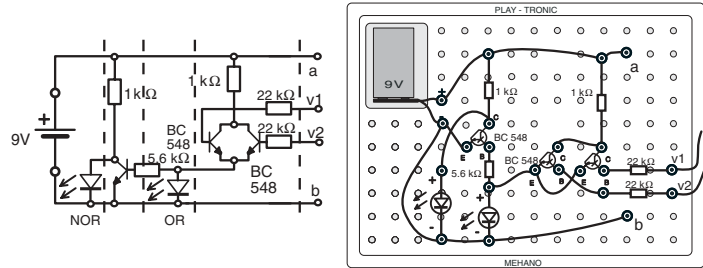


Fig. 76

77. AN EXAMPLE OF INTEGRATING LOGICAL FUNCTIONS

Let's assume that we have assembled the circuit shown in the diagram below. This circuit is built so that in the logical circuit OR, one of the input signals is inverted. What will be the truth table of this circuit?

The truth table for the OR circuit is known. We will extend it in as much as we determine the output signal of the inverter for OR input 1. For the inverter output signal and the signal at input 2, we can make a truth table in relation to the truth table for the OR circuit. We will thus get the following truth table:

INPUT1	INPUT2	OUTPUT INV.	OUTPUT CIRCUIT
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	1	1

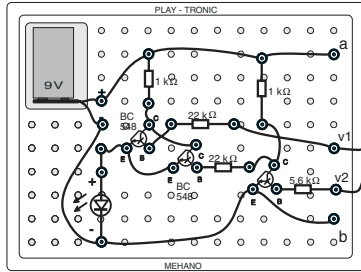
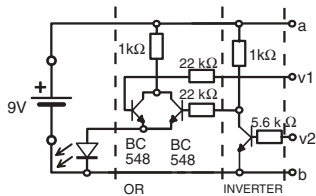


Fig. 77

The truth table for the entire circuit will thus be:

INPUT1	INPUT2	OUTPUT
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

The circuits shown here are very simple. One can only imagine the complicated logical circuits needed for complex logical functions.

78. LOGICAL BISTABLE CIRCUIT

Remember the two serially connected inverters? The signal at the output was the same as the signal at the input. If this is the case, the input and output could be connected. This would keep the state of the signals in the circuit stable.

Let's insert two LEDs serially connected to two 1 k Ω resistors between the positive pole of the battery and the transistor collectors. If we redraw the diagram so that the bases of the transistors are turned towards each other, we will get the diagram shown below. From the diagram, you can

see that the base of one transistor is connected through a resistor to the collector of the other. What happens if we connect the circuit to a battery? Although the left side looks the same as the right side, it isn't. Even if the transistors are of the same type they do not behave the same. This is also true for resistors which are supposed to have the same resistance. The resistances of two identically marked resistors is never completely equal, so we can never be sure which of the transistors will be open and which one closed. Let's label the left transistor T1 and the right transistor T2, where T1 is open when the circuit is connected to the battery. This transistor will then have a very small resistance. The collector of this transistor is the output of the voltage divider consisting of T1 and the resistor between its collector and the positive pole of the battery. The resistance of the LED is negligible. Because of the low resistance of the transistor, the voltage at the output of the divider will be very small. This voltage will be too small to conduct current to T2, which will remain closed and will act as a strong resistor.

On the right of the circuit, T2 and the resistor (and the negligible LED) form a voltage divider between the collector of the transistor and the positive pole of the battery. The output of this divider is at T2's collector. Because T2 is closed and offers great resistance, the voltage between the emitter and the collector will be high, and current will flow to the base of T1, keeping it open. In short, we have a circuit in which T1 keeps T2 closed and T2 keeps T1 open. The state in this circuit is stable and can be changed only by an impulse from outside.

If we connect the base of the open transistor to its emitter for a brief moment, current will no longer flow to the base of the transistor and it will instantly become closed. The voltage at its collector will increase, and current will flow to the base of the second transistor, which will remain open due to the situation described above. If we want to reverse the situation, we will have to connect the base of the open transistor to the negative pole of the battery for a moment.

Assemble the circuit shown in the diagram. When you connect the circuit to the battery, one of the LEDs will glow and the other will not. Use the wire connected to the negative pole of the battery and alternately

connect it once to clip a and then to clip b. In one position, the left diode will glow and in the other the green one. When you press the wire against the open transistor (the LED connected to its collector glows), its LED will go out and the LED on the other transistor will begin glowing. We have changed the state of the circuit through an outside intervention. By intervening, we have initiated a process which led to the state in the circuit changing.

This outside intervention is called "triggering". In our case, we have triggered a change by briefly connecting the base of the open transistor to the negative pole.

Circuits which have a similar structure to that described here are called multivibrators. The circuit described here has two different but equivalent stable states. For this reason, we call this circuit "bistable". This circuit is a bistable multivibrator.

The functioning of bistable multivibrators is almost ideal for controlling appliances with two switches, where one switches the appliance on and the other switches it off. You have probably come across similar appliances. In this case, we could simply fit the push-button switches between the negative pole and clip a, and between the negative pole and clip b. The 1k Ω resistor and LEDs can be replaced by relays which would switch the appliance on.

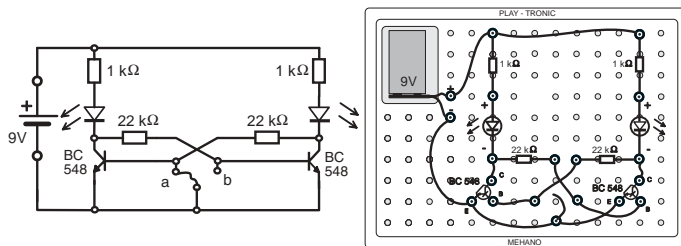


Fig. 78

79. ANOTHER METHOD FOR TRIGGERING A BISTABLE MULTIVIBRATOR

There is another way of reversing the state in a bistable multivibrator. In this case, the circuit is very similar to the previous one. The difference lies in triggering the change. The change is triggered by closing the currently open transistor or opening the currently closed transistor through external intervention.

Touch the wire to the collector of the transistor which is closed and whose LED is not glowing. This will short circuit it. Current will stop flowing to the base of the other transistor, which will then close, reversing the state of the circuit.

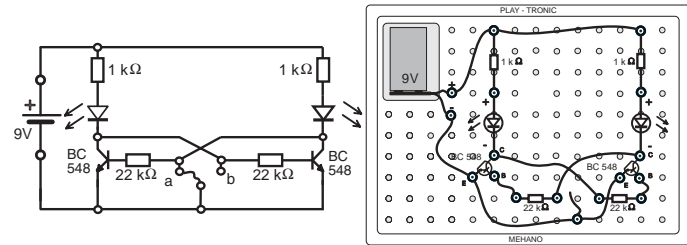


Fig. 79

80. TRIGGERING A BISTABLE MULTIVIBRATOR WITH CURRENT TO THE BASE

The state of the circuit can also be changed by directing current from the positive pole of the battery, through a resistor, to the base of the currently closed transistor. This will open the transistor, and the state will be reversed.

Here we have described three different methods for reversing the state in such a circuit. All these methods are equally effective. Which one we use depends on how we intend to use the circuit.

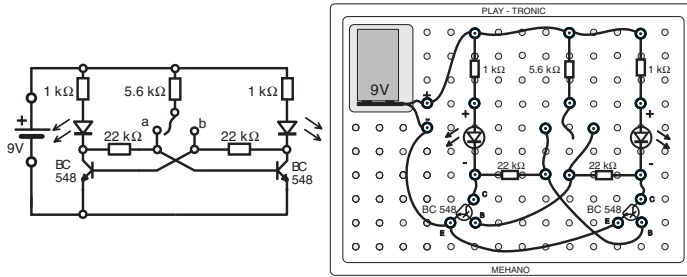


Fig. 80

81. BISTABLE MULTIVIBRATOR AND TOUCH SENSITIVE KEYS

In this case, we will trigger the bistable multivibrator by directing current to the base of the transistor directly from the positive pole of the battery. This can also be done using touch-sensitive keys. Remember that the surface of our skin has resistance!

Place a spring clip connected to the positive pole of the battery between spring clips a and b. When you touch clip a or b to the middle clip, the state of the multivibrator will be reversed. The red and green diode could easily represent ON and OFF.

Between the positive pole of the battery and the middle sensor key is a resistor. Its purpose is to prevent excessive current from flowing into the base of the transistor, which could destroy the transistor.

If the circuit won't revert after the sensor contacts have been touched, try with a moist finger.

82. MEMORY CIRCUIT

In computers, bistable multivibrators are used as memory circuits. The state in the circuit is very stable, and it will not change unless triggered from outside.

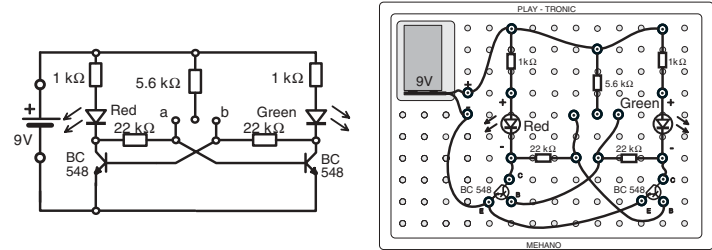


Fig. 81

If a memory circuit was constructed as the bistable multivibrators shown here, some difficulties could occur: in a bistable multivibrator, we don't know which state it was in when it was switched on. This means that in the computer memory we would have something which we could not be sure what it is.

If the capacitor is empty, electric current will flow through it and charge it. At the contacts of an empty capacitor there is no voltage. The voltage at its contacts begins to increase only after it starts to become charged. The capacitor will certainly be empty if it was not connected to any power source.

Let's connect a capacitor between the base and the emitter of a transistor in a bistable multivibrator. When we connect the circuit to the battery, the empty capacitor will cause the current, which would otherwise flow to the base of the transistor, to flow into the capacitor itself. Even if the circuit was prone to leaving this transistor open, the capacitor would prevent that.

As a result, the other transistor will open. The end result is that whenever you connect the multivibrator to a power source, the red LED will shine.

Press the switch button. The base of the left transistor will be briefly connected to the negative pole, and the left transistor will be closed.

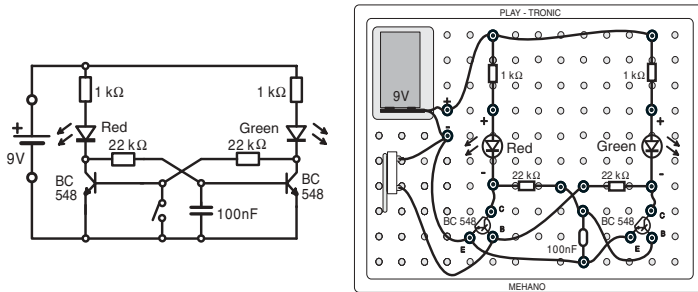


Fig. 82

The red LED will stop glowing, and the green one will start. This state will remain stable until the battery is disconnected. If you wish to reverse the state while the circuit is connected, the multivibrator will have to be triggered so that the right transistor closes. This can be done by briefly short-circuiting the capacitor.

83. BISTABLE MULTIVIBRATOR AS A BINARY DIVIDER

Remember that the state of a bistable multivibrator can also be altered by briefly connecting the collector of the open transistor to the negative pole.

The voltage on the open transistor is much lower than the voltage on the closed one. This could cause more current to flow from the collector of the closed transistor towards the negative pole through a parallel wire.

To alter the state of a bistable multivibrator, we must not short circuit both transistors at the same time, as this would lead to a situation like the one we had when the circuit was connected to the battery.

We know that a diode connected so that current can flow through it has a small resistance. A property of the diode is that when its resistance is zero, the voltage in it is about 0.6 V. We also know that an open transistor has a very small resistance. Between the collector and emitter of the

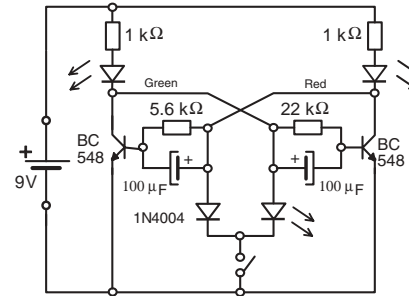
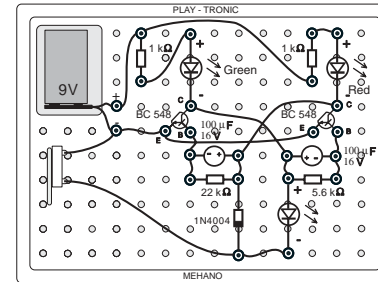


Fig. 83

transistor, the voltage is even smaller, at most one tenth of a volt. If you connect a diode between the collector and emitter of an open transistor, it will not affect the state in the circuit, since the current will still flow through the open transistor, which has smaller resistance. Now, let's go back to our circuit. Two diodes, with their cathodes linked, are connected to the collectors of both the transistors. One of these is an LED. Press the switch several times! Each time, the state of the multivibrator will be reversed. When the switch button is pressed the current will flow from the collector of the transistor through the diode to the negative pole of the battery. The current will flow only through the diode

connected to the closed transistor. In the open transistor, the voltage between the collector and the emitter will be too low to push current through the diode or LED. Pressing the switch always affects the circuit in such a way that the transistor which is open will close and vice versa. While pressing the switch, we can watch how first the right and then the left diode switch on. The same diode is on after every second switching. If we counted only the number of times one of the diodes switched on, the number we would get would be half the number of times the switch is pressed. This circuit could be used for dividing by 2. The output signal of such a circuit could be used for controlling the input of the next circuit, and we would get a circuit for dividing by 4. By linking such circuits in a row, we could assemble a circuit for dividing by 2, 4, 8, 16, 32, etc.

The circuit for dividing by two is the basic element of all dividing circuits. Using circuits for dividing by two and the logical circuits, we can construct circuits for dividing by any number.

Two electrolytic capacitors are connected to the bases of the transistors in parallel to the resistors. The capacitors ensure that the state will reverse even after the shortest impulse on the switch.

By pressing the switch, the red diode will flash for a instant. This signals that a change has been made in the state of the circuit. We could also have used an ordinary diode, but in our set we have included only two ordinary diodes and three LEDs.

84. SWITCHING THE LIGHT ON AND OFF WITH ONE BUTTON

A circuit which divides by 2 can also be used for purposes unrelated to computers. One nice example is a circuit with which we can switch an appliance on and off by pressing only one button.

In this example, we have shown how a light bulb can be switched on and off by pressing the button. The LED signals any time the control button is pressed.

Instead of a light bulb, we can connect a relay which will switch a more

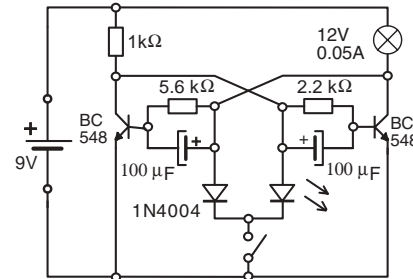
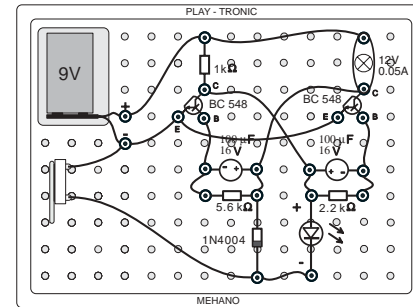


Fig. 84

powerful appliance on and off, i.e. the motor of a ventilator, or the lights in a stadium.

85. MONOSTABLE MULTIVIBRATOR

A monostable multivibrator is a circuit with one stable state. If the state is altered by an external impulse, it will, after some time, return to its stable state.

The green LED will glow when the circuit is connected to a power source. The right transistor has high resistance and the voltage between the collector and the emitter will be high. Because the voltage at the base

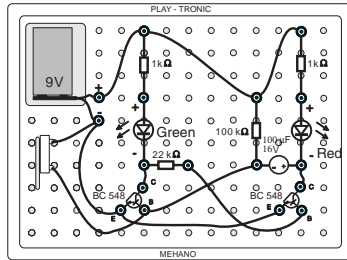
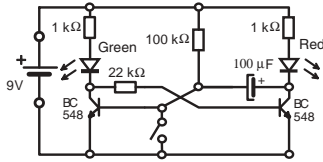


Fig. 85

of the left transistor is low, the electrolytic capacitor will get charged. Press the switch for an instant. The base of the left transistor will be briefly connected to the emitter, there will be no more current in the base, and the transistor will close. This will increase the voltage at the collector of this transistor, and current will flow to the base of the right transistor. The state of the multivibrator will be reversed. The right transistor will now have very low resistance; through it the positive contact of the capacitor will be connected to the negative pole of the battery. Now current will flow into the capacitor through the 100k~ resistor and charge it. The voltage at the negative contact of the capacitor will increase until it reaches a point where current can be directed to the base of the left transistor. The left transistor will open, and the multivibrator will return to its previous state.

The monostable multivibrator can be used for briefly switching on (if you use the right transistor) or switching off (if you use the left transistor). It is true that we have already assembled circuits which could do the same more simply.

The advantage of circuits with a monostable multivibrator over those which work by charging and draining a capacitor is that the output voltage in the latter changes in a moment. The LED turns on or off very quickly. In the circuits described earlier, the change was gradual. If you still remember, in those circuits the LED faded on and off.

86. TRIGGERING THE MONOSTABLE MULTIVIBRATOR BY AN IMPULSE ON THE COLLECTOR

Just like with the bistable multivibrator, it is possible to trigger the monostable multivibrator in various ways. In the case shown here, the triggering will occur at the collector of the right transistor. In its normal state, the transistor is closed. Therefore, the voltage at the collector of this transistor is high. Because the voltage at the base of the transistor cannot be more than 0.6V, the electrolytic capacitor will be charged.

When you press the switch, the collector of the right transistor will be briefly connected to the negative pole. The positive electrode of the electrolytic capacitor will be on the negative pole of the battery. Because the capacitor is charged, its negative contact will be under voltage which is negative, and the transistor will instantly close. Now current will flow into the capacitor through the 100k~ resistor.

As the voltage on the negative contact of the capacitor gets high enough, the current will flow to the base of the left transistor and the multivibrator will alter its state, which will this time remain stable.

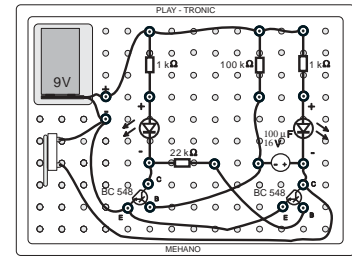
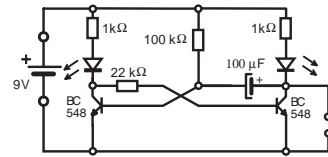


Fig. 86

87. TRIGGERING THE MONOSTABLE MULTIVIBRATOR WITH CURRENT TO THE BASE

The same effect as with brief connection of the collector of the right

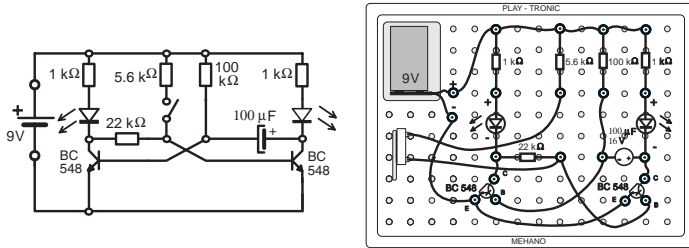


Fig. 87

transistor to the negative pole can be achieved by opening the right transistor. This can be done by directing current to the base of this transistor. The current to the closed right transistor will flow through the 22k-resistor.

As in the case of the bistable multivibrator, we have shown, for the monostable multivibrator, three methods of triggering the circuit. Which one we will choose depends on the use and the triggering impulses we have available.

In a monostable multivibrator, the three methods of triggering are not equivalent. In the first case, where we briefly connect the negative pole and the base of the open transistor, the capacitor drained less than in the other two cases. The voltage between the base and the emitter of the open transistor is 0,6V. So, when we press the switch, the voltage at the contacts of the capacitor will change by only 0,6V.

In the case where we trigger the change at the collector or base of the transistor which is closed in a stable state of the circuit, the capacitor will drain completely. As a consequence, it will take more time for the state in the circuit to return to stable.

88. SOUND-SENSITIVE SWITCH

Triggering a monostable multivibrator can also be done without a press button switch by using an external element. In the example shown

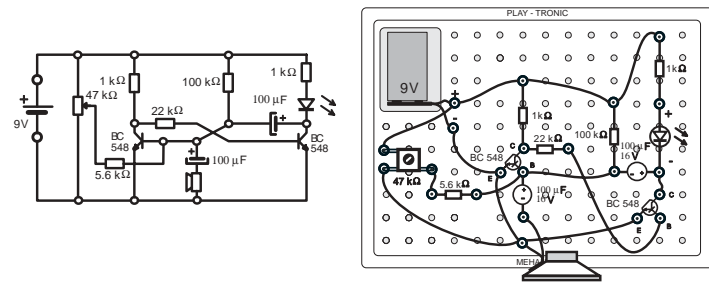


Fig. 88

below, the monostable multivibrator is triggered by a signal from a loudspeaker used as a microphone.

Such a circuit can be used to trigger an alarm or for lighting in a disco. An electrolytic capacitor is connected serially to a loudspeaker, preventing direct current from flowing through it. It also doesn't act as a barrier to alternating current. The circuit is very similar to the previous one. A potentiometer is added in this circuit. With it, you can regulate the sensitivity. When the slider is closer to the positive pole of the battery, the circuit will be less sensitive.

After the circuit has been assembled and connected to a battery, it will have to be adjusted. If the LED glows, turn the potentiometer until it goes off. Then turn it back slowly to the point where it begins to glow. Wait until it goes off again. If it doesn't, turn the potentiometer slightly back. The LED will cease to glow. Blow at the speaker or lightly tap on it. The LED will glow for a few seconds.

89. LIGHT REGULATOR

We have already mentioned that a transistor can be used as an adjustable resistor, the resistance of which depends on the current flowing to the base. This property can be used to change the voltage, i.e. in a convert-

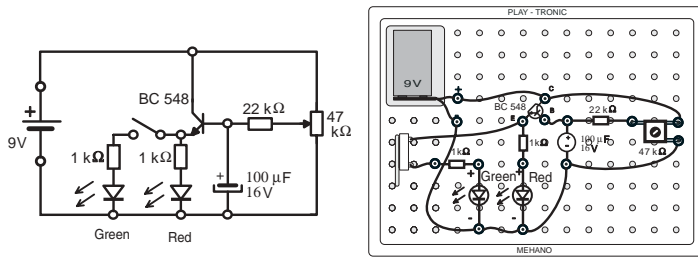


Fig. 89

With a potentiometer in the lower part of the circuit, we can adjust the voltage between the emitter and the negative pole of the battery. The base-emitter direction of a transistor behaves like a diode turned from base to emitter. If the transistor is open, current will flow through it. The voltage in a diode turned in the conducting direction is 0,6V. In an open transistor, the voltage between the base and the emitter is also 0,6V.

If there is voltage between the base of the transistor and the negative pole of the battery, the voltage between the emitter and the negative pole of the battery will be 0,6V lower. If you turn the potentiometer, the voltage in it will vary from 0 to 9 volts. The voltage between the emitter and the negative pole of the battery will be 0,6V lower than on the slider of the potentiometer. The potentiometer has fairly high resistance, and little current will flow through it. Much stronger current can flow through the transistor, but this current is also determined by elements connected between the emitter and the negative pole.

Here one 1k~ resistor and one LED are connected. Take a piece of wire and connect another resistor and LED at some distance from this diode. When you press the switch and switch on the LED, the light intensity of the first will not change. This means that the voltage between the emitter and the negative pole of the battery has remained unchanged. Since more current is now flowing through the transistor (two diodes are glowing), and the voltage between the collector and the emitter has not

changed, the resistance of the transistor must have dropped.

If we used an ordinary resistor instead of the transistor, connection of the second LED would cause more current to flow through the resistor. Because of the increased current, the voltage across this resistor would increase and the voltage across the LED drop. Connecting a second LED would cause the first LED to glow less brightly.

This circuit is useful for regulating voltage. Often a circuit in which the collector is connected to the positive pole of the battery, between the emitter and the negative pole we have other circuit elements (e.g. a light bulb) called emitter tracers. The name is quite appropriate, since the voltage at the emitter traces the changes of voltage at the base and is always 0,6V lower. A good example of the use of this circuit is the light intensity regulator.

90. ELECTRIC SWITCH WITH HYSTERESIS

Assemble the circuit shown in the diagram. Turn the shaft of the potentiometer left and right and note at which position the LED switches on or off. You will notice that these two positions are different. For the LED to glow, the voltage across the slider of the potentiometer would have to be higher than that at which the LED goes off.

Because the voltage across the slider at which the LED begins to glow is higher than that at which it goes off, we can mark these two points on the potentiometer. But as we turn the potentiometer in one direction, the circuit does not behave the same as when we turn it back. This phenomenon, where changes in one direction differ from changes on the way back, is called hysteresis. This is also why we call this circuit an electric switch with hysteresis.

Let us assume that the slider of the potentiometer is in a position where it touches the end contact connected to the negative pole of the battery. Current will not flow to the base of the right transistor, and it will be closed. Voltage across the base of the left transistor will be high. Current will flow to it through a 5,6k~ resistor, and the transistor will be open. The LED will glow.

If you turn the potentiometer so that the voltage on the slider increases, the current to the base of the right transistor will begin to increase. As a result, the current through the right transistor will also begin to increase, and its resistance will start to drop. Less current will flow to the base of the left transistor. The current flowing through it will begin decreasing rapidly, much faster than the current through the right transistor will begin increasing. This current flows through a resistor common to the emitters of both transistors. Because the current through the right transistor increases more slowly than the current through the left transistor drops, the total current through the resistor will drop, as will the voltage at its contacts. This will have the same effect as when we briefly connected the emitter of the right transistor to the negative pole of the battery. Since the voltage at the slider of the potentiometer remained unchanged, the right transistor will be instantly open, the left closed, and the LED will stop glowing. If you turn the shaft of the potentiometer in the opposite direction, the entire process will be repeated in the opposite direction.

This circuit is called a Schmitt trigger.

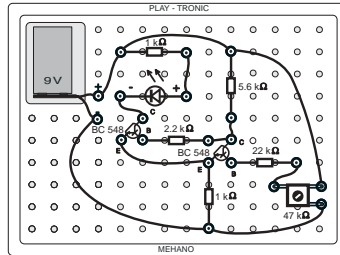
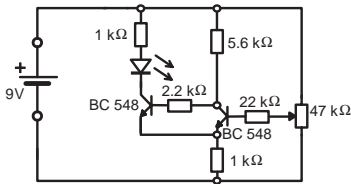


Fig. 90

91. PULSATING LIGHT

In this circuit, we use the Schmitt trigger. When more current flows through the circuit, the circuit will have lower resistance and vice versa.

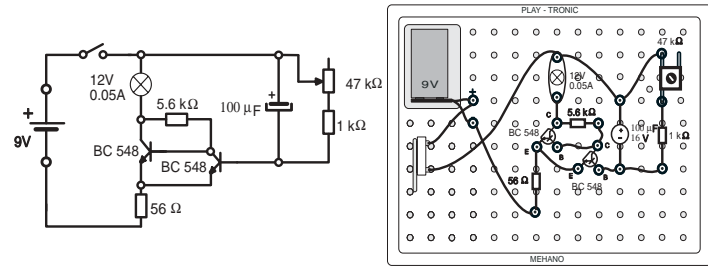


Fig. 91

If we connect the circuit shown in the diagram to the battery, the light bulb will not glow.

At first, the capacitor is empty. Through the empty capacitor, the current will flow to the base. At the same time, the capacitor will be charged and the voltage at its contacts will increase. This means that the voltage between the base and the emitter will gradually drop. At some point, the voltage at the base will be so low that the transistor will close. This will trigger the process described above for the Schmitt trigger circuit. The other transistor will open and the bulb will glow.

This current also flows through the 56k~ resistor. This will cause voltage at its contacts. This will also cause the voltage between the base of the first transistor and the positive pole of the battery to drop. The electrolytic capacitor will now drain through the 1k~ resistor and the adjustable resistor. When the voltage is low enough (or when the voltage between the base and the emitter of the first transistor is high enough), the first transistor will open and a change in the state of the circuit will be triggered. The light bulb will glow.

With the 47k~ potentiometer, we can regulate the rate at which the capacitor will drain. This also means that with the potentiometer we can regulate the frequency of the entire circuit.

92. REGULATION OF A REFRIGERATOR

Remember the heat-sensitive switch described in this booklet? A similar switch can be used for regulating a refrigerator. The problem there is that switching the refrigerator's motor on and off would happen at an almost equal temperature. Consequently, the motor would be very frequently switched on and off, which would not be good for it. In this circuit, two circuits are integrated: the temperature sensitive switch and the electric switch with hysteresis. Turn the shaft of the potentiometer so that the green LED barely glows. The red diode will be off. Touch the thermistor with your fingers or slowly blow warm breath at it. The green diode will begin to glow with increasing intensity, and at a certain point, the red diode will begin to glow. Leave the thermistor to cool off or blow at it to cool it off sooner. Light from the green diode will decline and the red diode will go out entirely. Regulation of the potentiometer will control the temperature at which all this happens. With the intensity of its glow, the green LED signals when the temperature has begun to rise. Instead of the red LED, we could install a relay which would switch on the refrigerator's motor. Due to the hysteresis, the motor will run at a slightly higher temperature than that at which it was switched on, which is what we want. If you listen to your refrigerator, you will notice that the motor switches on for a while and then stops. The temperature in the refrigerator dropped a degree or so. As the temperature rises, the motor will switch on again.

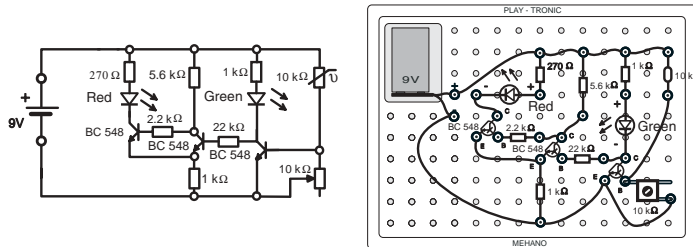


Fig. 92

93. STAIRWAY LIGHTS

In this circuit, we use the Schmitt trigger. Why is this circuit better than the switch for briefly switching on an appliance? In that case, the voltage at the output dropped gradually, while in this circuit it is constant and stops immediately. Thus the LED glows with the same brightness as long as it is on.

In the previous experiment we used a potentiometer to test the functioning of the circuit. In this example, there is a capacitor at the input of the circuit, which is charged through a 100k~ resistor. When the capacitor is charged, the right transistor is open and the circuit is off. Press the switch. The right transistor will close instantly and the LED will glow. The capacitor will start charging. Because the voltage at its contacts is increasing, the current to the base of the first transistor will also increase. This will trigger the process described in the previous case. After some time, the state of the circuit will alter and the LED will switch off.

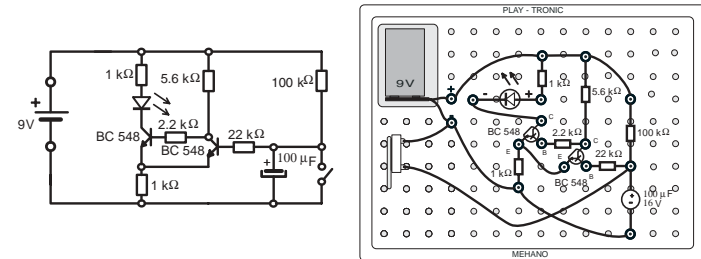


Fig. 93

94. SYMMETRIC ASTABLE MULTIVIBRATOR

Sometimes we need a signal in which two lights will go on and off alternately. A nice example are the traffic lights at a railway crossing. The circuit shown below is an example of how this can be done. This circuit is called an astable multivibrator.

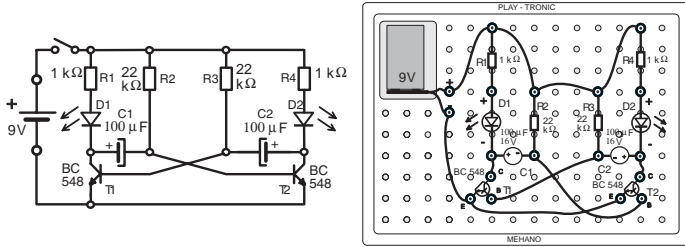
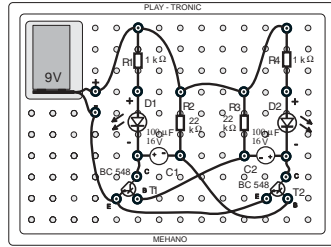


Fig. 94

How does the circuit work? To simplify the description, the resistors are named R1, R2, R3 and R1, the capacitors C1 and C2, the transistors T1 and T2 and the LEDs D1 and D2. While studying this description, keep an eye on the circuit diagram.

Let's imagine that we have connected the circuit to a power source. The left side of the circuit is the same as the right side in the diagram, but in practice no two elements are absolutely equal. So let us assume that when we connected the circuit to the power source, the current was distributed so that slightly more current flowed to the base of T1 than to the base of T2. This will cause T1 to open. The voltage between the collector and emitter of T1 will be very low. The left LED will glow. Electric current flowing through R2 will charge the electrolytic capacitor C1. At the same time, T2 will be closed and we can pretend that it does not exist in the circuit. The right contact of C2 is connected to the positive pole of the battery through R4 and the LED. The left contact is connected to the base of T1. C2 is being charged in such a way that positive current is on its right side.

After some time, C1 will be charged enough for current to flow to the base of T2. The transistor will open and its resistance will be small. The voltage between the collector and the emitter of T2 will be practically zero. The voltage at the left contact of C2 will be lower than at the right one.



This voltage is now too low for T1, and current will instantly stop flowing to its base. T1 is now closed, and T2 open, and the right LED glows. The capacitor C2 is being charged through R3, in such a way that its left contact is positive. In short, the roles of the transistors have reversed. This process keeps repeating itself, and the diodes D1 and D2 alternately glow. We can calculate approximately how long the diodes will glow. The left LED D1 will glow for:

$$t_1 = 0,7 \cdot C_1 \cdot R_2$$

and the right

$$t_2 = 0,7 \cdot C_2 \cdot R_3.$$

If the left and the right circuits are equal, the diodes will glow for an equal period of time. The diagram shows that the capacitors have a capacitance of 100 μF or 0,0001F and the resistors 22k~ or 22.000~. If we use the equation to calculate the intervals, we will find that each diode will glow for approximately:

$$t = 0,7 \cdot 0,0001 \cdot 22.000$$

which is :

$$t = 1,54 \text{ s.}$$

Each diode will glow for approximately a second and a half.

95. CHANGES IN THE FUNCTIONING OF THE ASTABLE MULTIVIBRATOR

We have already said that the LEDs will glow for an equal time if the left and the right sides of the circuit are equal. Let the two capacitors remain equal. If we change the two central resistors, the glowing time of the diodes will drastically change. We have seen that the diodes glow for fixed intervals which equal:

$$t_1 = 0,7 \cdot C \cdot R_2$$

and

$$t_2 = 0,7 \cdot C \cdot R_3.$$

If the capacitors are the same, the diodes will glow for a total:

$$t = t_1 + t_2$$

or

$$t=0,7 \cdot C \cdot R2 + 0,7 \cdot C \cdot R3.$$

The total time will then be

$$t=0,7 \cdot C (R2 + R3)$$

In this circuit, the resistor R2 is 2,2k~ and part of the resistance of the potentiometer between the left contact and the slider, while R3 is 5,6k~ and part of the resistance of the potentiometer between the right contact and the slider. The total resistance of the resistor R2 + R3 will always be the same, regardless of the position of the potentiometer. This means that with the potentiometer we can regulate the ratio between the glowing intervals of the diodes, while the total time remains equal.

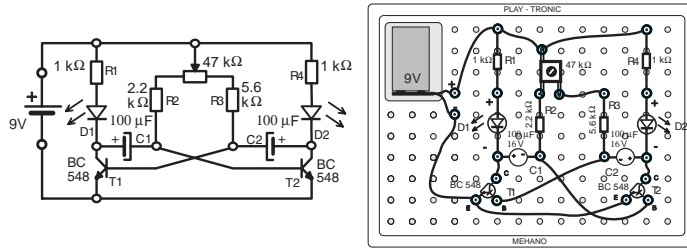


Fig. 95

96. LIGHT REGULATOR WITH A MULTIVIBRATOR

We have already described the light regulator in this booklet. In it, we controlled the intensity of light by changing the voltage at the contacts of the light bulb. This method of regulation cannot be used for lights which cannot function at lower voltages. A good example of such lights are lights with fluorescent tubes. In these lights, we exploit their property, that they can be switched on again after being switched off, if the time between switching on and off isn't too long.

Let us assume that we are switching such a light on and off at very short intervals. Because of the nature of the human eye, we will not even notice that the light has been switched off. We set the interval. If within

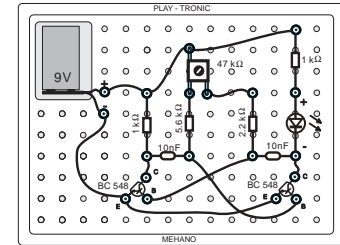
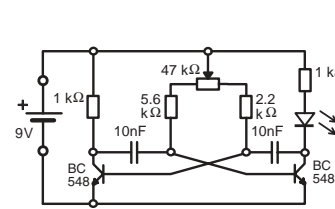


Fig. 96

this interval we change the time for which the light will be on, we will register this as if we have been changing the intensity of the light. For this purpose, we will use the multivibrator described in the previous experiment. The intervals between the diode's switching on and off shouldn't be as long as in the previously described example. Instead of the 100µF capacitor, use a 10nF capacitor. Its capacitance is a thousand times smaller, and the LED will pulsate a thousand times faster. The pulsation will not even be noticeable. As you turn the potentiometer, the length of the LED's glowing time will change and you will have a feeling that the intensity of its light is changing.

97. CHANGING THE OPERATING FREQUENCY OF AN ASTABLE MULTIVIBRATOR

The speed, or frequency, of the astable multivibrator can be changed by changing one or both of its central resistors. If you wish to change the operating frequency, you have to change the frequency of both the resistors. This can be done simply by partially joining the resistors. You get the circuit shown in the diagram.

By turning the potentiometer left and right, the operating frequency of the multivibrator will change, while the ratio of the glowing periods of the diodes will remain unchanged.

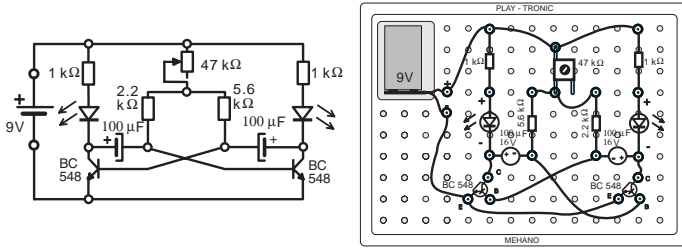


Fig.97

98. CAR INDICATORS

By using the multivibrator, we can make a circuit for operating the direction indicators on a car. Because the driver has to know whether the indicators are on, there is usually a sound signal accompanying them. In the circuit shown here, there is a loudspeaker installed to serve this purpose. From the speaker, you will hear cracking sounds in rhythm with the indicators.

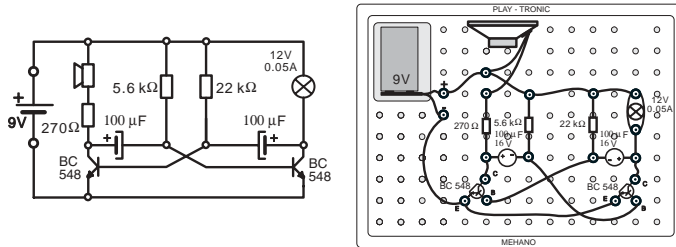


Fig. 98

99. SETTING THE OPERATING SPEED OF WINDSCREEN WIPERS

Some cars have the possibility of regulating the speed of windscreen wipers. If it isn't raining very hard, this can be useful. If the rainfall is

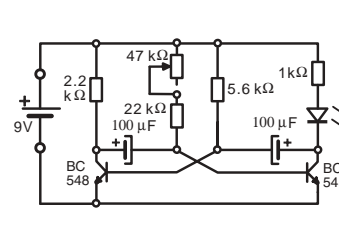


Fig. 99

only slight, the windscreen will be dry and the wipers will be wiping an almost dry surface. This will cause them to skip, producing unpleasant noises.

If you watch the wipers in operation, you will notice that the time for one "sweep" across the windscreen is fixed. During this time, the motor of the wipers has to be switched on. The time between subsequent sweeps is optional.

To regulate the time between two sweeps, we can use an astable multivibrator in which we change one of the central resistors.

The other central resistor is chosen to keep the motor running long enough for the wipers to sweep across the windscreen and back. If you turn the potentiometer, the interval between the wipers' sweeps will change.

Instead of the LED and the 1k~ resistor, we can connect a relay which would switch the wiper motor on and off.

100. ELECTRONIC METRONOME

If you have had any serious contact with music, you will know how important the rhythm is. During practice, musicians use a metronome which tick-tocks the rhythm. The speed of the metronome's operation must be regulable, since it is not the same for, let's say, a lively polka and a slow waltz.

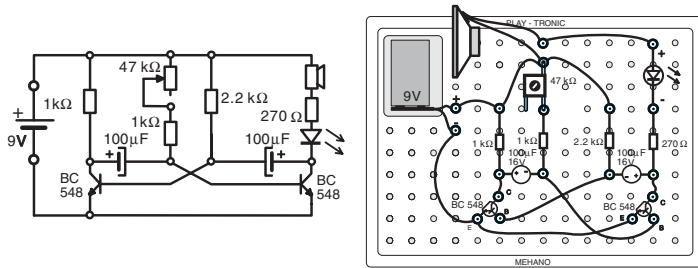


Fig. 100

In our case, we have used an astable multivibrator in assembling a metronome. Unlike classic metronomes which only produce sound, this one also gives light signals. We can thus see it from a distance or use it in very loud music, which drowns out the sound of the metronome.

101. MULTIVIBRATOR AND LOUDSPEAKER AS A BUZZER

By appropriate choice of capacitors and resistors, we can create a multivibrator which will oscillate at a frequency which we can hear. We will connect a serially connected loudspeaker and resistor between the col

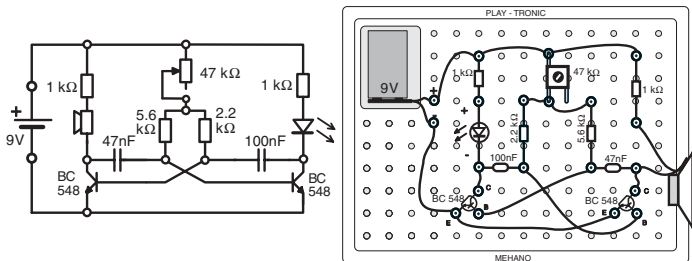


Fig. 101

lector of one of the transistors and the positive pole of the battery. If you find the sound too weak, you can replace the 1k~ resistor with a 270~ one.

Press the switch. Turn the shaft of the potentiometer until you can hear your chosen sound.

102. BUZZER FOR LEARNING TELEGRAPHY

Morse telegraphy was once the only means of transmitting messages across a distance. Because of its importance at the time, this form of telegraphy was named after its inventor, Samuel Morse.

With the advance of technology, lost its importance, but among radio hams it is still used.

If you are interested, it might be useful to learn the Morse code. To learn it, you can use the buzzer. For a buzzer, you use a multivibrator. How you position the potentiometer to regulate the pitch is not important here. The button with which you switch on the multivibrator can be used for tapping out the Morse codes. When tapping the Morse codes, follow the rule that one dash should last a period of three dots, between the parts of a code (dots and dashes), the interval is long for one dot and between individual codes the interval is three dots.

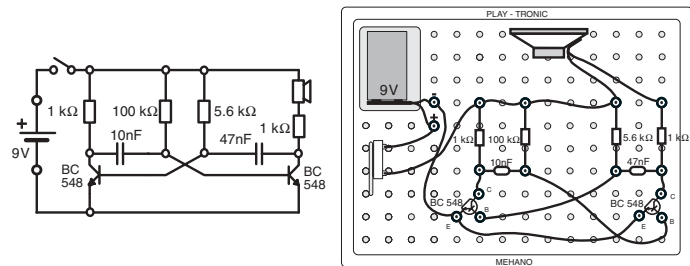


Fig. 102

Morse codes

A	· -	J	· - - -	S	· · ·	1	· - - - -
B	- · · ·	K	- · -	T	-	2	· · - - -
C	- · - ·	L	· - · ·	U	· · -	3	· · · - -
D	- · ·	M	- -	V	· · · -	4	· · · · -
E	·	N	- ·	W	· - -	5	· · · · ·
F	· · - ·	O	- - -	X	- · · -	6	- · · · ·
G	- - ·	P	· - - ·	Y	- - - -	7	- - · · ·
H	· · · ·	Q	- - - -	Z	- - · · ·	8	- - - - ·
I	· ·	R	· · ·			9	- - - - ·
						0	- - - - -

103. MACHINE GUN

With a machine gun, the report is heard at regular intervals. In our case, we will imitate the sound of a machine gun using an astable multivibrator in which the functioning of one transistor will cause the sound and the functioning of the other transistor will determine the time interval between two reports.

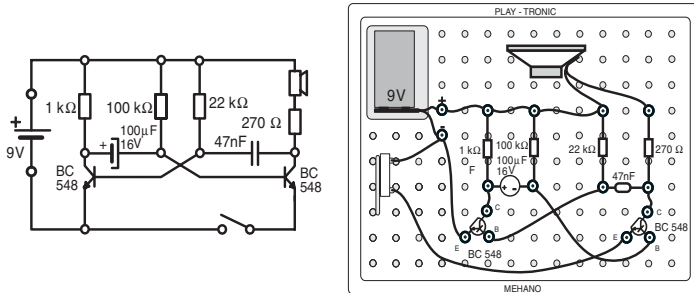


Fig. 103

In this circuit, the right capacitor is ceramic and the left capacitor electrolytic. This creates a ratio of several hundred between the time intervals of the left and right transistors openings.

When we connect the astable multivibrator to a power source, it will take some time before the capacitors are charged and the circuit begins functioning. To make the multivibrator function the way we want it to, immediately after we have pressed the switch, we have seen a different system for switching on the multivibrator. When you press the switch, the burst of the machine gun will be instantly heard from the speaker.

104. ALTERNATE SWITCHING ON AND OFF OF AN APPLIANCE

Imagine that in a production process you are using a press. Sometimes the press has to be open, while at other times it must be closed. During the production process, the press is in operation and continuously opens and closes. The control circuit has to ensure a stable state in both extreme positions, but should also allow their alternation.

As in the previous experiment, we will use an astable multivibrator as a circuit which divides by two. In this case, we trigger, by pressing the switch, the current to flow from the positive pole of the battery to the base of the transistor which is currently closed. The state of the circuit changes.

When the switch button is in contact, the circuit resembles an astable multivibrator. This, in fact, is the case. If you maintain pressure on the switch button, the bulb will begin to pulsate. When you let it go, the pulsation will cease. Pressure on the switch button for a period shorter than the period during which the transistor in an astable multivibrator is open will merely alter the state of the multivibrator.

105. ELECTRONIC GUARD WITH A SOUND SIGNAL

Remember the electronic guard described in this booklet? In that case, an LED lit up when the alarm was triggered. In this case, a sound will be heard.

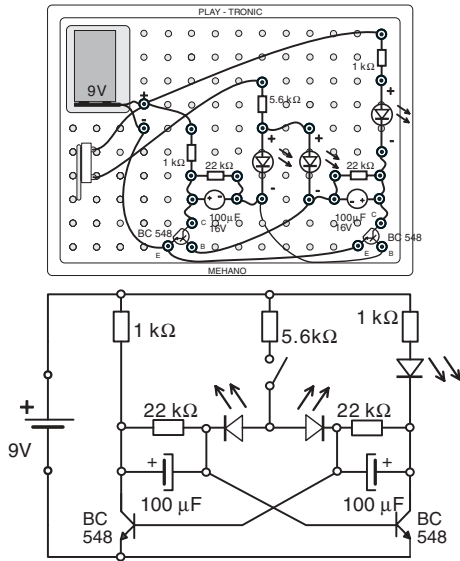


Fig. 104

The circuit is essentially an astable multivibrator, which works at an audible frequency. A wire connection has been fitted in this circuit, causing a short circuit between the base and the emitter of one of the transistors. If this connection is severed, the multivibrator will begin operating and a sound will be heard from the speaker.

A short circuit has intentionally been made on the left transistor. Because of this short circuit, the other transistor will be open. Between the collector and the positive pole of the battery is a 1k~ resistor. On the left side is a 270~ resistor and a loudspeaker with only a few ohms resistance between the collector and the positive pole of the battery. Because of this, more current will flow through the left transistor than through the right one, if the former were constantly open. This would

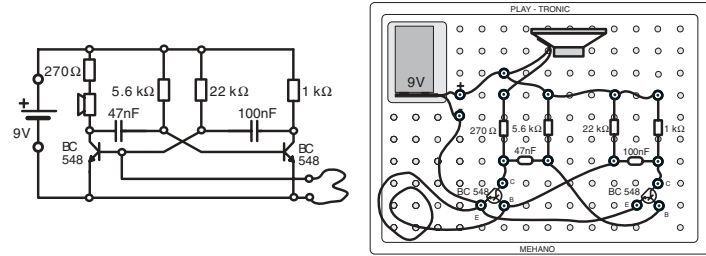


Fig. 105

drain the battery very quickly.

Since we don't know when the alarm will go off, it would be sensible to economise with the battery's power.

You have already learnt to assemble an alarm which will alert you that the door is open. Such alarms can be seen in shops. When a customer opens the door, a sound signal is heard, which silences after the door has been closed.

Fit a reed switch to the door post very close to the door and a magnet to the door itself. When the contacts of the reed switch are connected because of the proximity of the magnet, the alarm will be switched off. When somebody opens the door, the contacts in the reed switch will disconnect, the circuit will begin to function, and a sound will be heard from the speaker.

106. ELECTRONIC GUARD WITH A LIGHT SIGNAL

In this case, the alarm will signal using a pulsating light. The circuit is in principle similar to the previous one. Because the pulsating has to be low frequency, this multivibrator has been designed to function at a low frequency. For this reason, electrolytic capacitors are used in the circuit. The triggering is the same as in the previous circuit.

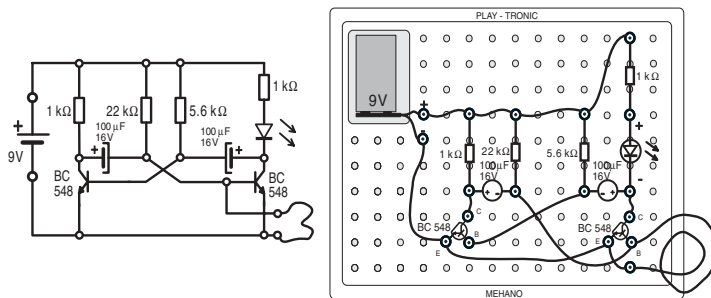


Fig. 106

107. LIGHT ALARM FOR SIGNALING HUMIDITY LEVELS

In this alarm, a humidity sensor is connected serially to the right central

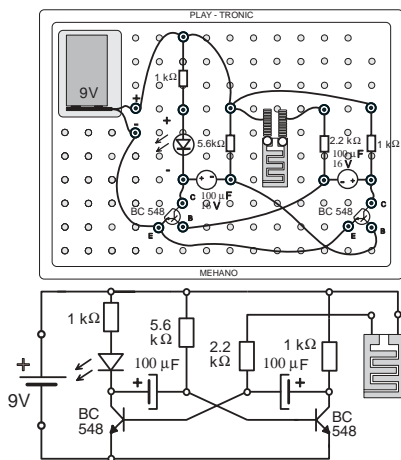


Fig. 107

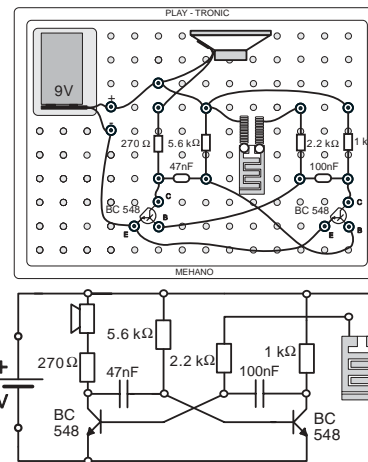


Fig. 108

resistor. When the sensor is dry, its resistance is high and electric current won't flow through it.

When the sensor becomes moist, its resistance will drop and enough current will flow through it to set the multivibrator in operation. The LED in the collector circuit of the left transistor will begin to pulsate. The alarm will not function in liquids which do not conduct electric current.

108. SOUND ALARM FOR SIGNALING HUMIDITY

In the previous circuit, replace the diode and the 1k~ resistor with a loudspeaker and 100μF capacitors with 47nF and 100nF capacitors. You will thus get a circuit which will send a sound alarm when the humidity sensor dries up.

109. FLOWER GUARD

Flower lovers know how important it is to water flowers at the right time. Too much watering is not good for them, because too much humidity hurts the roots. The circuit shown in the diagram will signal with a pulsating diode that the earth in the flower pot is dry and that the flower needs to be watered.

The circuit is in fact an astable multivibrator which cannot function because of an additional resistor. This resistor is the earth between two wires inserted in it. When the earth is dry, the resistance between the two wires will be high, and it will not interfere with the functioning of the multivibrator. When the flowers are watered and the earth is humid, the resistance between the wires will be so small that the multivibrator won't function. As the earth dries up, the resistance between the wires will grow. The multivibrator will begin to function. At first, the speed of the pulsation of the LED will be slow, but as the earth gets drier, the pulsation will speed up to its maximum rate.

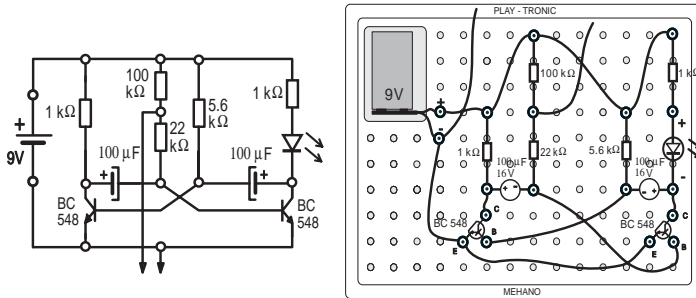


Fig. 109

110. ACOUSTIC TOY

Little children enjoy playing with toys which produce sounds, such as rattles, whistles, drums, etc. The toy described here would probably also make them happy.

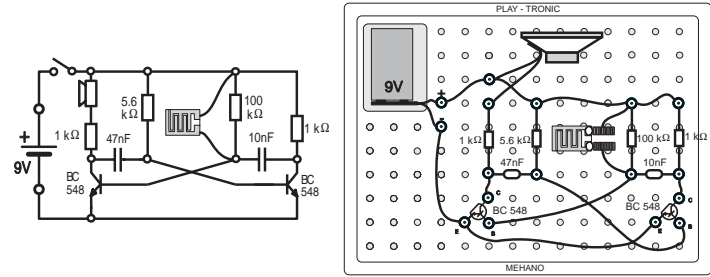


Fig. 110

This is an astable multivibrator which functions at an audible frequency. A humidity sensor is connected in parallel to one of the resistors which determine the functioning of the astable multivibrator. When the sensor is touched by a hand or finger, its resistance will change. After it has been touched, its resistance will drop. The parallel connection of the 100k~ resistor and the humidity sensor will then have lower resistance. The frequency of the multivibrator will increase.

By touching and holding the sensor, you will induce the toy to make interesting noises.

111. TWO-TONE ALARM SIREN

You have probably heard two-tone alarm sirens. In our example, this is an astable multivibrator with variable frequency. For this purpose, we can add to one of the resistors which determine the functioning of the multivibrator another resistor which is connected by pressing the switch. This will cause the resistance and frequency of the multivibrator to increase when the button is pressed.

The resistor which will be connected to the circuit by pressing the switch consists of a 22k~ resistor and a potentiometer. When the button is pressed, the higher tone can be adjusted by turning the shaft of the

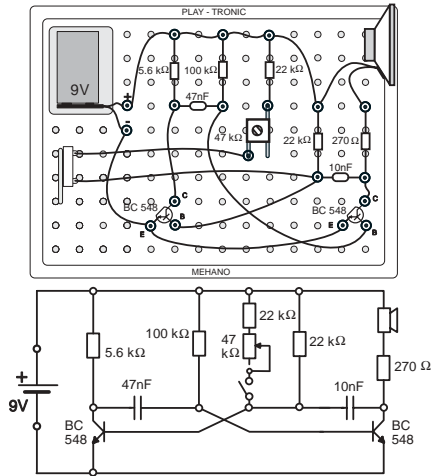


Fig. 111

potentiometer, so that the relation between the higher and lower tone suits you.

The 22k~ resistor is there in case you change the resistance of the potentiometer to zero, in which case very strong current would flow to the base of the left transistor, permanently damaging it.

In this circuit, the change in tone is achieved by pressing the switch button. Instead of doing it yourself, this "button pressing" could be done by an astable multivibrator which functions at a frequency equal to the frequency of the tone change.

112. ALARM SIREN

Fire engines often have sirens with a whining sound. These sirens are driven by an electric motor. The diagram shows an electronic variation of the siren which will produce a similar whining sound.

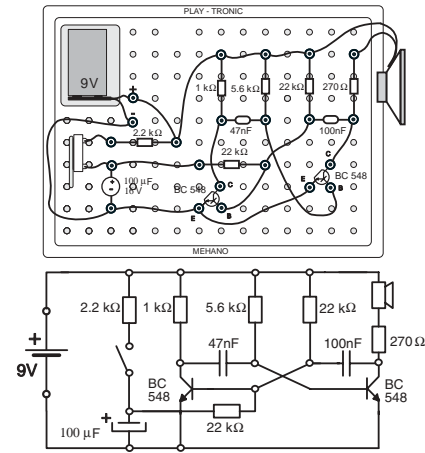


Fig. 112

The circuit is in fact an astable multivibrator which functions at audible frequencies. Current from a voltage divider, which consists of a 2,2k~ resistor and an electrolytic capacitor, is brought to the base of the left transistor through a 22k~ resistor. When you connect the circuit to a battery, the multivibrator will begin to function and sound will come from the speaker. The electrolytic capacitor will be empty and will no longer affect the circuit. Press the switch. The electrolytic capacitor will be charged through the 2,2k~ resistor. This will induce voltage at its contacts. Some of the current will flow to the base through the 2,2k~ and 22k~ resistors. This will slightly open the transistor. The operating speed of the astable multivibrator will change, and the tone will now be higher. Release the switch button. The charged capacitor will begin to drain through the 2,2k~ resistor so that the current will flow to the base of the left transistor. At first, the capacitor will drain quickly, then more slowly. As the capacitor empties, the frequency of the multivibrator will drop. This will be heard as a whining sound.

113. SOUND SIGNALING OF A TEMPERATURE DROP

Imagine what could happen if the temperature dropped in, let's say, a chicken farm. If this happens, the chickens would die and great damage would be caused. It would be recommendable to have a temperature indicator in the control room. A light signal could tell that the temperature is normal. But a light indication of a drop in the temperature would not be enough, since perhaps nobody would notice the pulsating light. It would therefore be prudent to install a sound signal.

The temperature-sensitive switch we have already described can turn on another circuit or appliance. In the case described here, the sensitive switch would switch on a source of sound, that is a multivibrator with a loudspeaker.

When the temperature is high, the thermistor has lower resistance. At the junction of the divider, which consists of the thermistor and the potentiometer, the voltage will be high enough for current to flow to the base of the transistor and open it. The thermistor now has low resistance and is connected to the multivibrator so as to block its operation. This is achieved by causing a short circuit with the negative pole of the battery at an appropriate place in the multivibrator. The LED will glow, indicating that the temperature is high.

As the temperature begins to drop, the resistance of the thermistor will increase and the voltage at the junction of the voltage divider will drop. Less current will thus flow to the base of the first transistor. The transistor will slowly close, and its resistance will grow. Its influence on the multivibrator will be smaller, and the latter will begin to function. At first, the operating frequency will be low, but as the temperature drops further, it will increase. The lower the temperature, the higher the pitch. Between the collector of the first transistor and the $1k\Omega$ transistor is an LED. It is not essential for the functioning of the circuit, but it can serve as a visual indication of the temperature. As the temperature drops, the LED will glow less.

We have said that the voltage divider consists of the thermistor and the potentiometer connected as an adjustable resistor. At which temperature

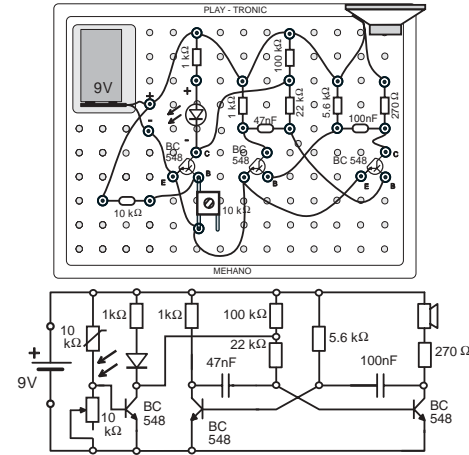


Fig. 113

the alarm will go off depends on the position of the slider in the potentiometer.

To check how the circuit functions, turn the shaft of the potentiometer so that the LED glows and then turn it until the diode just extinguishes. With your finger, heat the thermistor. The LED will glow. Blow at the thermistor to cool it. The LED will go out and the speaker will produce a sound.

114. HOW DO WE PREVENT DIRECT CURRENT FLOW THROUGH THE LOUDSPEAKER?

In the circuit described above, pulsating direct current flows through the speaker. What can we do if we want only alternating current to flow through it? To achieve this, we use a capacitor.

The diagram below shows how we can connect a loudspeaker. The voltage at the collector of the right transistor is distinctly pulsating. Between

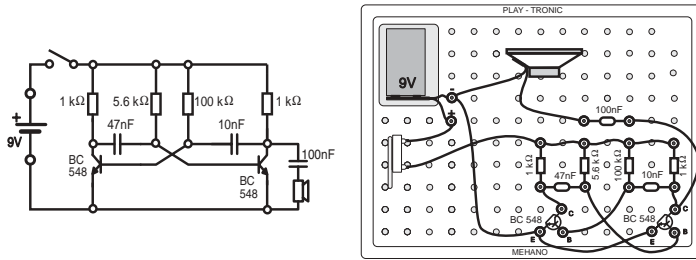


Fig. 114

the emitter and the collector, the voltage varies between 0V when the transistor is open and 9V when it is closed. With a capacitor we will allow only alternating current to flow to the speaker, since a capacitor will conduct alternating current but not direct current.

115. LOUDSPEAKER BETWEEN TWO COLLECTORS

We have mentioned several times that in a multivibrator the voltage between the emitter and the collector varies between 0V and 9V. This occurs at both transistors. But what is the ratio between the voltages on the collectors of the two transistors?

When one transistor is open, the other is closed. Therefore the voltage at the collector of one transistor towards the negative pole of the battery will be 0V, and on the other 9V. Let us assume that the left transistor is open and the right one closed. Then the voltage between both collectors will be:

$$U = 9V.$$

As the transistors switch roles, the voltages on the transistors will change. Now the voltage between the collector of the left transistor and the negative pole of the battery will be 9V and on the right 0V. The voltage between the collectors will again be 9V, but in the opposite direction. Now the voltage between both collectors is:

$$U = -9V.$$

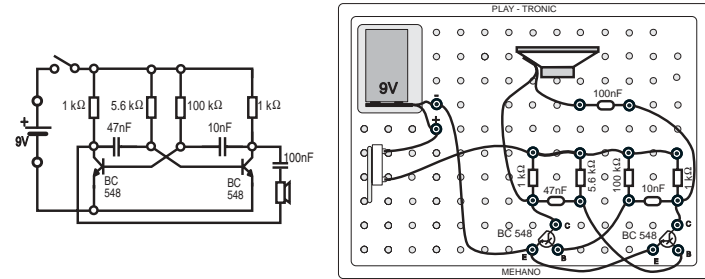


Fig. 115

If we observe the voltage on one collector, it changes by 9V. If we observe the voltage on both collectors simultaneously, it changes from +9V to -9V. The voltage change is double!

In certain cases, connecting a load between the collectors of the transistors has its advantages. Here, it is important that the load is not so much that it prevents the circuit from functioning.

The resistance of the loudspeaker is very low, and direct current will flow through it. Between the collectors of both the transistors, the resistance will be small, which could stop the circuit from functioning. To avoid this, we have serially connected a capacitor to the speaker.

116. CIRCUIT FOR PRODUCING NEGATIVE CURRENT

Sometimes it is essential, for certain purposes, to have negative current in a circuit. The simplest way to get it is to have another battery in addition to the one which feeds the circuit, which can be used as a source of negative current. This makes the use of such a circuit more expensive, since we now have to use two batteries instead of one.

If power consumption from the battery which gives negative voltage is small, we can assemble a circuit which will give negative current at its output. This makes the whole circuit more expensive, but it will pay off in terms of batteries saved for the negative current.

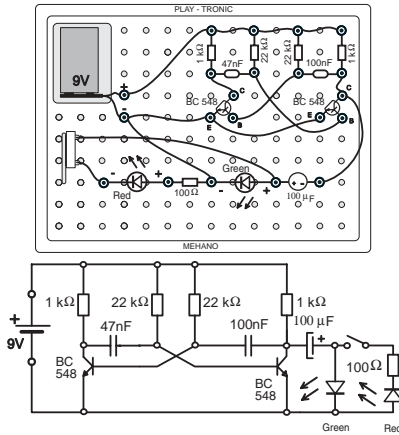


Fig. 116

To produce negative voltage, we need alternating current. In our circuit, we use an astable multivibrator to produce alternating current. Alternating current flows through the conductor first in one and then in the other direction. The voltage between the collector of for example the right transistor in a multivibrator and the negative pole of the battery changes: when the transistor is open, it is almost zero, and when it is closed, it almost reaches the voltage of the battery. This current is not alternating, but it does pulsate.

We have already seen that alternating current can flow through a capacitor, while direct current cannot. We can thus eliminate direct current from the pulsating current using a capacitor.

This principle is used in our circuit. A capacitor is connected to the collector of the right transistor, through which alternating current flows to the multivibrator. This current flows through two LEDs turned in opposite directions. When the circuit is connected to the battery, both diodes will glow. This proves that alternating current flows through the

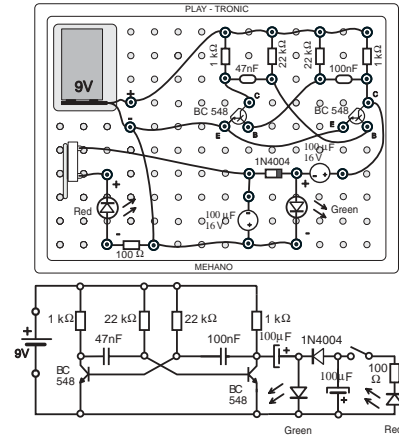


Fig. 117

capacitor. When the current flows from the capacitor to the negative pole of the battery, it flows through the green LED. When it flows in the opposite direction, it flows through the red diode and the 100k~ resistor. This diode and the resistor are part of a circuit which needs negative voltage.

Instead of the green LED, we can use an ordinary diode (1N4004) in this circuit.

We must again point out that a circuit which needs negative current should not consume too much power.

If you are not certain that the multivibrator functions, you can connect the speaker between any of the 1k~ resistors and the positive pole of the battery.

117. IMPROVED CIRCUIT FOR PRODUCING NEGATIVE CURRENT

Directed current obtained by one diode cannot be greater than the maximum level of the alternate current.

Instead of the red LED, you can insert a circuit which needs negative current for its functioning.

If the negative current obtained from the circuit described above is too low, we can use a circuit which doubles the directed negative current to obtain negative direct current. This circuit is made using two diodes and two capacitors. In the circuit, the green LED is used instead of the ordinary one.

118. ANOTHER SOUND GENERATOR

With two transistors we can assemble a sound generator which is not a multivibrator, but which works on a different principle. In order to function, the circuit needs a feedback. Feedback is a connection in a circuit through which some of the signal from the output is fed to the input. In this case, the circuit behaves differently than it would were there no feedback.

In our example, we have two transistors which form a low frequency

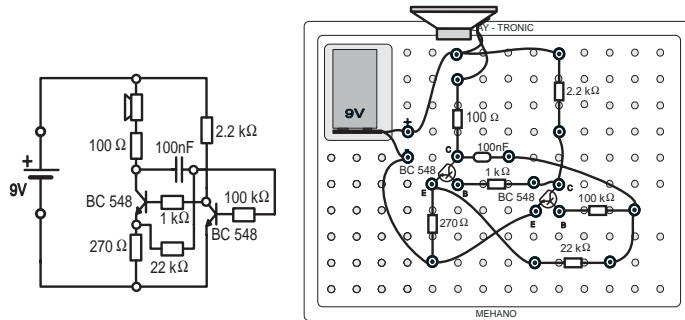


Fig. 118

amplifier. Through a 100nF capacitor and a 100k~ resistor, part of the signal is directed from the output of the amplifier (the collector of the left transistor) to the input (the base of the right transistor).

Assume that while the voltage is increasing at the input of the circuit, the voltage at the output is dropping. If we add a circuit which feeds changes at the output back to the input, we could say that "this circuit is confused" and can't decide what the voltage at the input and subsequently at the output should be. This causes the voltage to fluctuate. We say that the feedback loop causes the circuit to oscillate.

119. MUSICAL INSTRUMENT

If you change the resistance value of the 22k~ resistor, the frequency of the oscillator will change and we will hear a different tone from the loudspeaker. This will best be demonstrated by fitting a 47k~

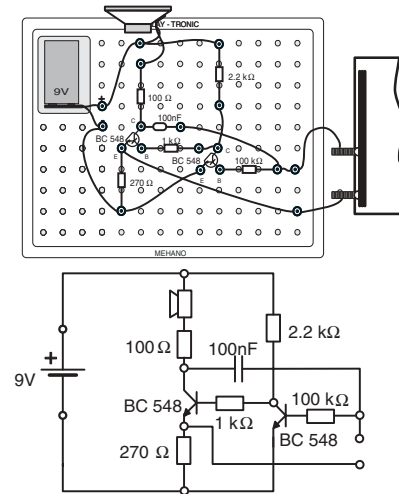


Fig. 119

potentiometer, connected as an adjustable resistor, instead of the 22k-resistor.

You have already made an adjustable resistor by drawing a graphite line on a piece of paper with a soft pencil. Such a resistor can be used in this oscillator to alter the frequency of its operation.

Connect the clip on one side of the graphite layer to the circuit. Connect another piece of wire to the appropriate place in the circuit and attach a spring clip to it. Slide this clip along the resistant layer.

When you touch that layer, the oscillator will begin to function. If you slide it, the tone will change. You have just assembled a simple musical instrument.

120. OSCILLATOR MADE FROM A SERIES OF RESISTORS AND CAPACITORS

To make an oscillator out of an amplifier, we need a feedback loop which will bring the signal from the output of the amplifier to its input. The properties of the feedback loop determine whether the circuit will function as an oscillator, and if it will, at what frequency it will function. The diagram below shows another example of an oscillator made by a feedback loop. Turn the shaft of the potentiometer until you hear sound from the speaker. The circuit for the return link is assembled from a series of three capacitors and three resistors.

Because the signal is too weak to be heard, a low frequency amplifier consisting of one transistor is added to the oscillator circuit.

You will hear a much more pleasant tone from the loudspeaker than from the oscillator with an astable multivibrator. This is because the oscillator described here gives a cleaner tone.

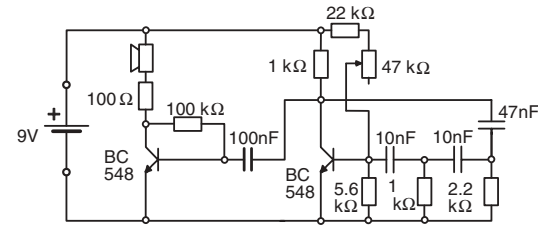
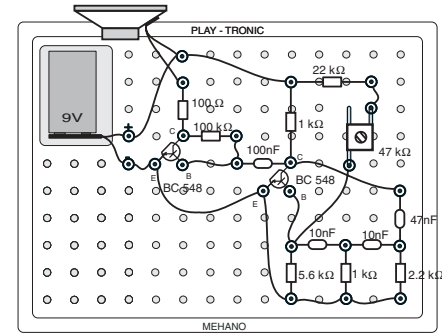


Fig. 120

CONCLUSION

Every book has an ending. If you have reached the end of this book, don't let this be the conclusion of your attempts to broaden the horizons of your knowledge of electronics and electrotechnics. Let this book be an introduction and guide into the world of electronics, a world of new events, surprises and unfathomable possibilities.

Good luck!

WHO IS ...?

In this chapter, we will list the names of some of the scientists who have contributed to the development of electronics and electrotechnics. Most of them have already been mentioned in the book.

Ampère, André Marie, French physicist (1775-1836) studied Oersted's discovery and set the foundations for electrodynamics (a science which deals with electric charge in motion). He devoted his work to discovering the precise link between electric current and magnetism. The unit for measuring electric current (A) is named after him.

Bardeen, John was an American physicist (1909-1991) who, together with Walter H. Brattain and William Shockley, received the Nobel Prize for Physics in 1956 for inventing the transistor in 1948 as a result of the efforts of these three researchers at the Bell development laboratories. He also studied the properties of substances at extremely low temperatures (superconductors), for which he was awarded another Nobel Prize in 1972, together with Len N. Cooper and John Schrieffer.

Brattain, Walter Houser, American physicist (1902 - 1987), see Bardeen.

Colomb, Charles Augustin de, French physicist (1736-1806), studied the forces between two charged bodies. The unit for electric charge (C) is named after him.

Edison, Thomas Alva, American physicist (1847-1931), one of the most resourceful researchers of the 19th century. Among his multitude of inventions are the lightbulb with a charcoal filament, the phonograph (the forerunner of the gramophone) and the movie projector.

Faraday, Michael, English chemist and physicist (1792-1867), known for his pioneering research and experiments in the areas of electricity and magnetism. Many claim that he was one of the greatest experimenters ever. He developed the concept of lines of force - imaginary lines along which magnetic forces flow. This description of the behaviour of forces in an area is often still used today. The unit for capacitance of a capacitor (F) was named after him.

Henry, Joseph, American physicist and scientist (1797-1878), is known for discovering electromagnetic induction and autoinduction. His experiments in the fields of chemistry, electricity and magnetism indicate the diversity of the subjects he studied. The unit for inductance (H) is named after him.

Hertz, Heinrich Rudolf, German physicist, mathematician and engineer (1857-1894), was the first to highlight the existence of radio waves. He proved that radio waves are transmitted at the speed of light. In honour of his work and results, the unit for frequency (Hz) was named after him.

Kelvin, William Thompson, Scottish physicist (1824-1907), proposed measuring temperature from absolute zero (-273.15°C). He was one of the people who created the foundations for thermodynamics. He helped with the project for transmitting telegraphic messages from Europe to America via an undersea cable. He improved a variety of measuring instruments. He was knighted for his work. The unit for measuring absolute temperature (K) is named after him.

Kirchoff, Gustav Robert, German physicist (1824-1887), discovered the basic law of electromagnetic emission, according to which the radiation of a black body depends on the temperature of the body and the frequency. He is one of the founders of spectroscopy.

Leclanché, Georges, French inventor (1839-1882), after whom dry battery cells are named. Nowadays, we still use dry batteries for portable appliances.

Morse, Samuel Finley Breese, American artist and inventor (1791-1872). Among art connoisseurs, he is known for his miniature paintings. As a technician, he is known primarily for the development of the tele-

graph. He developed a device for receiving messages transmitted by wire, which used an electromagnet to press a pen against a ribbon and thus receive the message in the form of dots and lines. He also developed codes consisting of dots and lines.

Oersted, Hans Christian, Danish philosopher (1777-1851). During experiments conducted while giving lectures in 1820, he discovered electromagnetic induction. He also studied the behaviour of liquids and gases under pressure. He was greatly respected for his lectures and for his experiments.

Ohm, George Simon, German physicist (1789-1854). In 1826, he determined the relation between voltage, current and resistance in a closed electric circuit. Ohm's law, and the unit for measuring resistance (Ω), are named after him.

Shockley, William, American physicist (1910-1989). See Bardeen, John.

Swan, Sir Joseph Wilson, British chemist and inventor (1828-1914), contributed richly to the development of photography. Amongst his other inventions were the light bulb with a graphite filament (1860) and the light bulb with a metal filament (1878).

Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio, Italian physicist (1745-1827), the inventor of the first electric battery. He was also the first to isolate the gas methane. The unit for voltage (V) is named after him.

GLOSSARY

This glossary includes some expressions which might not be familiar to you. Some are commonly used in the book, some less so, while others may not have been used but pertain to the subjects of electronics and electrotechnics.

absolute zero - lowest possible temperature (-273.15°C).

accumulator - a battery, or source of electric power, which can be recharged after it has been drained. An accumulator is usually charged by electric power obtained from a converter.

alternating current - current which flows alternately first in one direction and then in the other.

ammeter - an instrument for measuring electric current

amplifier - a circuit which amplifies electric signals.

anode - the diode connection which is connected to positive potential. Electric current will flow through the diode only if the anode is connected to the positive pole.

astable - something is astable if its states are active but continuously alternate.

AVO meter - an instrument for measuring electric current, voltage or resistance. The name was derived from the symbols for these quantities A, V and Ohm.

balanced circuit - a circuit through which current is directed and divided in a manner resembling a seesaw (one side up, the other down, or balanced).

base - the connection of a transistor through which the current by which the transistor is controlled is directed.

battery - a source of electric power in which chemical energy (the energy stored in chemical compounds) is converted into electric energy. Once drained, the battery is useless, unless it is rechargeable.

bistable - is something which can be in one of two stable states.

bit - the smallest unit of computer information. It has two states, logically called 1 and 0.

capacitance - the property of capacitors. It is measured in farads (F).

capacitor - an element of a circuit which stores electric power so that the voltage at its contacts remains unchanged. The capacitor resists changes in voltage at its contacts.

cathode - the contact of a diode which is connected to the negative pole. Current will flow through a diode only when the cathode is connected to the negative pole.

CD - is a disk on which information (including music) can be stored in a digital form.

CD-ROM - Is essentially a CD for recording computer information. One such disk can hold information equivalent to 300,000 typed pages. It can

also store pictures, animated sequences, video clips and sound.

charged body - is a body to which electric charge is given or from which it is taken.

chip - miniature silicon plate on which an integrated electronic circuit has been made.

coil - an electric conductor wound into a spiral to provide inductance or a magnetic field.

circuit diagram - a diagram which shows how individual elements of the circuit are connected.

coloumb - unit for measuring the quantity of electric charge.

compact disk - see CD

computer - a device capable of processing data or performing various operations with the data (i.e. calculating).

conductors - substances which conduct electric current

converter - a device which converts alternating current into direct current.

Darlington's circuit - a circuit in which the current from the emitter of one transistor flows directly to the base of the other.

digital information - information recorded by sequences of bits.

dynamo - a generator of direct electric current.

diode - a semiconducting element of a circuit through which current is conducted in only one direction.

direct current - current which flows in only one direction

electric motor - a device by which electric power is converted into mechanical force.

electric charge - quantity of electricity. If something is charged, it means it contains unbalanced electricity.

electric circuit - the path of electricity flow. Electric current can flow only if the circuit is closed, i.e. the positive pole of the battery, the conducting wire, the light bulb, the other conducting wire and the negative pole of the battery.

electric current - directed and controlled movement of electric charge.

electric field - a field around an electric charge inside which electric forces are active.

electrolyte - a liquid which conducts electric current.

electrolytic capacitor - an element which contains a liquid (electrolyte). Such capacitors usually have large capacitance (several microfarads). For electrolytic capacitors, the orientation is important. If connected the wrong way, they will be destroyed immediately.

electromagnet - basically a coil through which electric current flows. Because it has the properties of a magnet when connected to electric power, it is called an electromagnet.

electron - a negatively charged subatomic particle.

electronic computer - a device with electronic circuits which can perform a great number of operations very quickly.

element - a substance consisting of only one type of atom.

element of a circuit - a component of the circuit.

emitter - the contact on a transistor where the currents from the positive pole of the battery through the base and collector join.

energy - the ability of something to perform work. Energy can change its form: mechanical into electric (in a generator), electric into thermal (in a heater), electric into light (in a light bulb), etc.

frequency - number of changes per second.

generator - a device which transforms mechanical energy into electric power. Generators are used in power plants where, for instance, the mechanical energy of water is transformed into electricity.

graphite - a soft form of carbon. In electrotechnics, it is used for resistors and on sliding contacts. It is also in the core of pencils and in lubricants for lubricating machines.

high-frequency signals - signals of a frequency higher than we can hear. Above 20 kHz.

induction - the influence of a magnet on a conductor or coil in movement. Electric current is induced to flow through such conductors or coils when they are moving close to a magnet.

inductance - a property of coils measured in henries (H).

insulators - substances which do not conduct electricity.

integrated circuit - a circuit in which a large number of elements (i.e. transistors, resistors, diodes) are concentrated on a silicon chip.

Complex integrated circuits can contain several million transistors.

laser - (abbreviation for Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) is a device which emits a narrow and powerful stream of light of only one colour.

LED - (Light Emitting Diode) a light diode

light diode - a diode which emits light when current flows through it.

loudspeaker - a device which changes electricity into sound.

low-frequency signal - an audible signal, that is between 16 Hz and 20,000 Hz.

magnet - matter which attracts iron, cobalt and nickel objects.

magnetic field - the area surrounding a magnet.

microphone - a device in which energy produced by sound is transformed into electricity.

microprocessor - a very complex integrated circuit with a large number of logical circuits. By choosing states (commands) at certain connections, it is possible to "command" the circuit to do something with the states (data) located at other connections. Microprocessors are in fact the "brains" of all computers.

molecules - the smallest amount of a substance which still has the properties of the substance.

monostable - something (i.e. a circuit) which has only one stable state. If we change this state by external action, it will return to its original, stable, state.

NPN transistor - a transistor which functions normally when its collector is connected to the positive pole and the emitter to the negative pole.

NTC - (negative temperature coefficient) is a thermistor in which resistance drops as the temperature rises.

ohmmeter - an instrument for measuring resistance.

oscillator - a circuit which produces alternating current.

PNP transistor - a transistor which functions normally when its emitter is connected to the positive pole and the collector to the negative pole.

pole - the side of the magnet where the influence of magnetic forces is the strongest.

potentiometer - a resistor with adjustable resistance. It is connected to

the circuit so that both contacts of the resistor and the slider are connected.

protons - subatomic particles with positive electric charge.

pulsating current - a current which flows in only one direction and the voltage of which fluctuates.

RAM - (random access memory) the working memory of a computer. In this memory, information can be written and read.

reed switch - a tube with two metal reeds. When they are magnetised (by a magnet or electromagnet), they touch and let current flow.

relay - a device with an electromagnet which attracts a plate of iron and thus couples movable and fixed contacts. With relays, we use electric current to switch on other contacts.

resistance - the property of resistors. It is measured in ohms (\sim).

resistor - an element of a circuit which resists the flow of electric current. In it, electric current changes into heat.

feedback circuit - the part of a circuit which directs part of the information from the output back to the input of the same circuit.

robot - computer controlled machines.

ROM - (read only memory) a memory chip from which data can only be read.

semiconductor - a substance with the properties of both conductors and insulators. If processed and used the right way, they are conductors.

sensor - an element in a circuit which changes an outer impulse into an electric impulse (i.e. humidity sensor).

stable - a state which won't change by itself.

switch - a circuit element with which we can disconnect the circuit.

thermistor - a resistor in which resistance changes with temperature.

touch sensitive button - a sensor which reacts to the touch.

transistor - a semiconducting element which changes its resistance in response to electric impulses (current directed to its control contact).

universal instrument - see AVO meter.

voltage divider - a circuit consisting of two resistors. the output of the circuit is where they are connected.

voltmeter - an instrument for measuring voltage (electric potential).

CONTENTS .....	.PAGE
TO OUR YOUNG READERS	3
DEAR PARENTS!	4
INTRODUCTION	4
UNITS	5
BASIC COMPONENTS OF ELECTRIC CIRCUITS	6
ELECTRIC CIRCUIT	6
BATTERY	6
CONDUCTORS	7
SWITCH	8
ELECTRIC CURRENT	8
ALTERNATING ELECTRIC CURRENT	8
FREQUENCY	8
RESISTOR	9
SHORT CIRCUIT	11
OPEN CONTACT	11
EARTH	12
CAPACITOR	12
COIL	13
THERMISTOR	13
LIGHT BULB	14
SEMICONDUCTING DIODE	14
TRANSISTOR	15
CIRCUIT BOARD	16
CONTENTS OF THE KIT	17
ONE HUNDRED CIRCUITS	19
1. SIMPLE ELECTRIC CIRCUIT	19
2. ELECTRIC CIRCUIT WITH A SWITCH	19
3. SERIAL CONNECTION OF TWO ELEMENTS	19
4. IS IT IMPORTANT HOW WE CONNECT THE RESISTOR?	19
5. IS IT IMPORTANT HOW WE CONNECT THE LIGHT BULB?	20
6. IS THE SEQUENCE OF SERIALLY CONNECTED ELEMENTS IMPORTANT?	20
7. CURRENT FLOWING THROUGH THE RESISTOR	20
8. ELECTRIC CIRCUIT WITH AN ADJUSTABLE RESISTOR	21
9. VOLTAGE DIVISION ON TWO SERIALLY CONNECTED RESISTORS	22
10. CIRCUIT WITH A LIGHT EMITTING DIODE	23
11. IS IT IMPORTANT HOW WE CONNECT THE LED?	23
12. CIRCUIT WITH TWO LEDS TURNED IN THE OPPOSITE DIRECTIONS	24
13. CIRCUIT WITH A LIGHT BULB AND A LED	24
14. CIRCUIT WITH A LIGHT BULB AND A LED	24
15. CIRCUIT WITH A LIGHT BULB AND A LED	24
16. PARALLEL CONNECTION	25

17. CHANGED DIRECTION OF THE CURRENT IN THE BRANCHES OF A PARALLEL CONNECTION	25
18. ANOTHER EXAMPLE OF PARALLEL CONNECTION	26
19. CHANGING THE BRIGHTNESS OF TWO LEDS AT THE SAME TIME	27
20. CIRCUIT WITH LIGHT BULB AND LED IN PARALLEL	27
21. CAPACITOR AS A SOURCE OF ELECTRIC POWER	28
22. HOW QUICKLY DOES THE CAPACITOR DRAIN?	28
23. A CAPACITOR CAN BE CHARGED AND EMPTIED SEVERAL TIMES	28
24. ALTERNATING CURRENT CAN ALSO FLOW THROUGH THE CAPACITOR	29
25. PARALLEL CONNECTION OF TWO CAPACITORS	29
26. SERIAL CONNECTION OF CAPACITORS	30
27. ELECTROMAGNET	31
28. HERMETIC REED SWITCH	32
29. RELAY	32
30. LOUDSPEAKER	33
31. THE TRANSISTOR	33
32. WHAT HAPPENS IF WE TURN THE TRANSISTOR AROUND?	34
33. TRANSISTOR AS SWITCH	34
34. AN INCORRECTLY TURNED TRANSISTOR	35
35. HOW DOES THE TRANSISTOR BEHAVE IF WE OBSERVE ONLY THE BASE AND THE EMITTER?	35
36. IN A TRANSISTOR THE DIRECTION BASE - EMITTER BEHAVES AS A DIODE	36
37. HOW DOES THE TRANSISTOR BEHAVE IF WE OBSERVE ONLY THE BASE AND THE COLLECTOR?	36
38. IN A TRANSISTOR, THE DIRECTION BASE - COLLECTOR BEHAVES AS A DIODE	36
39. CIRCUIT FOR TESTING TRANSISTORS	37
40. HOW TO DETERMINE THE ARRANGEMENT OF CONTACTS ON THE TRANSISTOR	37
41. TEST CIRCUIT FOR PNP TRANSISTORS	39
42. CURRENT FLOWING THROUGH THE BASE CAN BE DIRECTED THROUGH THE COLLECTOR'S RESISTOR	39
43. CURRENT WHICH FLOWS TO THE BASE CAN BE DIRECTED FROM A VOLTAGE DIVIDER	39
44. SERIAL CONNECTION OF TWO TRANSISTOR SWITCHES	39
45. THE TRANSISTOR AS AN ADJUSTABLE RESISTOR	40
46. SERIAL CIRCUIT OF TWO TRANSISTOR AMPLIFIERS	41
47. A LAYER OF GRAPHITE FROM A PENCIL ON A PIECE OF PAPER CAN ALSO ACT AS A RESISTOR	41
48. A LAYER OF GRAPHITE ON A PIECE OF PAPER CAN ALSO BE USED AS A POTENTIOMETER	42
49. ELECTRONIC GUARD	42
50. SIGNAL FOR HIGH LIQUID LEVEL	43
51. SIGNAL FOR LOW LIQUID LEVEL	44
52. SINGLE PHASE LOW FREQUENCY AMPLIFIER	44
53. TWO PHASE LOW FREQUENCY AMPLIFIER	45
54. ANOTHER VARIATION OF THE AMPLIFIER	45
55. "LIGHT SHOW"	46
56. SENSOR CIRCUIT WITH TWO TRANSISTORS	46

57. SENSOR CIRCUIT WHICH SWITCHES OFF AN APPLIANCE	47
58. CAPACITOR AND TRANSISTOR (1)	47
59. CAPACITOR AND TRANSISTOR (2)	48
60. SWITCHING ON AN APPLIANCE FOR A BRIEF MOMENT	48
61. SWITCH WITH AN ADJUSTABLE TIME LAPSE	48
62. CIRCUIT FOR TESTING ELEMENTS	49
63. CIRCUIT FOR TESTING DIODES	49
64. NOISE GENERATOR	50
65. TEMPERATURE SENSITIVE SWITCH	51
66. ELECTRIC CANDLE	52
67. SIGNALLING TEMPERATURE CHANGES	52
68. SIGNALLING A PRECISELY SET WATER LEVEL IN A CONTAINER	53
69. LOGICAL INVERTOR (NOT)	54
70. TWO SERIALLY CONNECTED INVERTORS	55
71. LOGICAL OR	55
72. LOGICAL AND	55
73. LOGICAL NOT OR (NOR)	56
74. LOGICAL NOT AND (NAND)	56
75. LOGICAL NAND ASSEMBLED FROM AND and NOT	56
76. LOGICAL NOR ASSEMBLED FROM OR and NOT	57
77. AN EXAMPLE OF INTEGRATING LOGICAL FUNCTIONS	57
78. LOGICAL BISTABLE CIRCUIT	58
79. ANOTHER METHOD FOR TRIGGERING A BISTABLE MULTIVIBRATOR	59
80. TRIGGERING A BISTABLE MULTIVIBRATOR WITH CURRENT TO THE BASE	59
81. BISTABLE MULTIVIBRATOR AND TOUCH SENSITIVE KEYS	60
82. MEMORY CIRCUIT	60
83. BISTABLE MULTIVIBRATOR AS A BINARY DIVIDER	61
84. SWITCHING THE LIGHT ON AND OFF WITH ONE BUTTON	62
85. MONOSTABLE MULTIVIBRATOR	62
86. TRIGGERING THE MONOSTABLE MULTIVIBRATOR BY AN IMPULSE ON THE COLLECTOR	63
87. TRIGGERING THE MONOSTABLE MULTIVIBRATOR WITH CURRENT TO THE BASE	63
88. SOUND-SENSITIVE SWITCH	64
89. LIGHT REGULATOR	64
90. ELECTRIC SWITCH WITH HYSTERESIS	65
91. PULSATING LIGHT	66
92. REGULATION OF A REFRIGERATOR	67
93. STAIRWAY LIGHTS	67
94. SYMMETRIC ASTABLE MULTIVIBRATOR	67
95. CHANGES IN THE FUNCTIONING OF THE ASTABLE MULTIVIBRATOR	68
96. LIGHT REGULATOR WITH A MULTIVIBRATOR	69
97. CHANGING THE OPERATING FREQUENCY OF AN ASTABLE MULTIVIBRATOR	69
98. CAR INDICATORS	70
99. SETTING THE OPERATING SPEED OF WINDSCREEN WIPERS	70

100. ELECTRONIC METRONOME	70
101. MULTIVIBRATOR AND LOUDSPEAKER AS A BUZZER	71
102. BUZZER FOR LEARNING TELEGRAPHY	71
103. MACHINE GUN	72
104. ALTERNATE SWITCHING ON AND OFF OF AN APPLIANCE	72
105. ELECTRONIC GUARD WITH A SOUND SIGNAL	72
106. ELECTRONIC GUARD WITH A LIGHT SIGNAL	73
107. LIGHT ALARM FOR SIGNALING HUMIDITY LEVELS	74
108. SOUND ALARM FOR SIGNALING HUMIDITY	74
109. FLOWER GUARD	75
110. ACOUSTIC TOY	75
111. TWO-TONE ALARM SIREN	75
112. ALARM SIREN	76
113. SOUND SIGNALING OF A TEMPERATURE DROP	77
114. HOW DO WE PREVENT DIRECT CURRENT FLOWING THROUGH THE LOUDSPEAKER?	77
115. LOUDSPEAKER BETWEEN TWO COLLECTORS	78
116. CIRCUIT FOR PRODUCING NEGATIVE CURRENT	78
117. IMPROVED CIRCUIT FOR PRODUCING NEGATIVE CURRENT	80
118. ANOTHER SOUND GENERATOR	80
119. MUSICAL INSTRUMENT	80
120. OSCILLATOR MADE FROM A SERIES OF RESISTORS AND CAPACITORS	81
CONCLUSION	82
WHO IS ...?	82
GLOSSARY	83
CONTENTS	86

E210Z06AB / 22283 - ANGLEŠKO

PLAY ELECTRONICS

**120 Experimente aus dem Bereich
der Elektronik**

Herausgeber und Träger der

Autorenrechte:

Mehano, d.o.o.

Polje 9

Postfach 83

6310 Izola

Slowenien

RECHTE UND VERANTWORTUNGEN

Der Inhalt dieses Buches ist entsprechend des Gesetzes über die Autorenrechte geschützt. Aus diesem Buch darf nichts kopiert, abgeschrieben und fotokopiert oder auf irgendwelche Medien zur Informationsaufbewahrung ohne eine vorläufige ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Trägers der Autorenrechte übertragen werden.

Alle Schaltungen und Versuche, die in diesem Buch beschrieben sind, wurden sorgfältig überprüft und getestet. Dessen ungeachtet, trägt der Inhaber der Autorenrechte keine Verantwortung für eventuell auftretende physische und/oder Materialschäden, wie auch nicht für physische Beschädigungen, die unter Umständen bei der Zusammensetzung und Anwendung der Schaltungen, die in diesem Buch angeführt sind, entstehen könnten.

Alle Elemente dieses Sets, sind sorgfältig ausgesucht worden und deshalb sind wir der Auffassung, daß sie einwandfrei sind. Für die Elemente in diesem Set gibt der Träger der Autorenrechte keine Garantie, da sie leicht mechanisch oder elektrisch zerstörbar sind.

WILLKOMMEN JUNGE LESERIN, WILLKOMMEN JUNGER LESER

Es freut uns, daß du dich entschlossen hast gerade durch unser Buch in die Welt der Elektronik einzutreten. Wir hoffen, daß dir das Zusammensetzen der Schaltungen Spaß machen wird. Allerdings bedeutet dies aber nicht nur eine Spielerei, sondern auch das Sammeln neuer Kenntnisse, die ein Bruchstück des Grundsteins für das werden, was du danach über Elektronik lernen wirst, wenn du das Buch, welches du jetzt in der Hand hältst, gründlich kennen und es mit deinen späteren Kenntnissen überflügeln wirst.

Habe keine Angst vor den Versuchen, denn ein Versuch ist so viel Wert wie tausend Meinungen von Fachleuten. Deshalb überprüfe laufend alle deine neuen Ideen. Wenn die Schaltung nicht funktionieren sollte, sei nicht enttäuscht. Wenn du feststellst was falsch gelaufen ist, wird auch der negative Ausgang deiner Idee positiv, denn auch bei solchen Versuchen wirst du daraus lernen und etwas Neues erfahren.

Alle Schaltungen, die in diesem Buch vorgeschlagen sind, sind so vorbereitet worden, daß du dich nicht verletzest oder einen größeren Schaden anrichten kannst. Wenn man von eventuellen kleineren Kratzer an den Fingern absieht, ist der größte Schaden den du anrichten kannst der, daß du eines der Elemente zerstörst. Hab keine Angst, die beschädigten Elemente, die nicht teuer sind, kannst du dir in nahezu jedem Geschäft mit Elektronikmaterial wieder beschaffen.

In dem Buch ist eine umfangreiche Menge verschiedenster Schaltungen erfaßt. Einige sind so unproblematisch, daß du für sie gar keine Erklärung benötigst. Einige dagegen sind kompliziert und du wirst überhaupt nicht verstehen, wie sie funktionieren. Verzweifle nicht! Vielleicht wird dir beim zweiten genaueren Durchlesen alles klar werden. Wenn du aber irgendeinen Absatz nicht verstehst oder er dich überhaupt nicht interessiert, ist es nicht schlimm, wenn du ihn einfach überspringst.

Gerade die Vielfalt an Schaltungen, deren Funktionen erst die Schüler der höheren Stufen in weiterführenden Schulen kennenlernen, ermöglicht, daß jeder für sich etwas angemessenes finden wird. Weil das Funktionieren der Schaltungen so exakt beschrieben ist, kannst du das Buch eventuell als Handbuch in der Schule gebrauchen.

WARNUNG!

AUS SICHERHEITSGRÜNDEN SIND ALLE SCHALTUNGEN SO ZUSAMMENGESTELLT, DASS SIE IHRE ENERGIE AUS EINER BATTERIE BEZIEHEN.

KEINE WIEDER AUFLADBAREN BATTERIEN (z.B. Nickelcadmium) VERWENDEN.

ACHTEN SIE IMMER DARAUF, IHRE BATTERIEN RICHTIG EINZULEGEN.

BENUTZEN SIE FÜR DIE EXPERIMENTE 9V BATTERIEN IEC 6LR61.

PROBIERE NIEMALS SCHALTUNGEN HERZUSTELLEN, DIE FÜR IHR FUNKTIONIEREN STROM AUS DER STECKDOSE BRAUCHEN! DIES KÖNNTE FÜRS LEBEN UND DIE UMGEBUNG SEHR GEFÄHRLICH WERDEN!

DER ELEKTRISCHE STROM AUS DER WANDSTECKDOSE KANN LEBENSGEFÄHRLICH SEIN. DIE FOLGE EINES SOLCHEN TUNS KANN AUCH EINEN BRAND AUSLÖSEN!

MERKE DIR; DAS SET UND SEINE BESTANDTEILE SIND NICHT FÜR ARBEITEN MIT NETZSPANNUNG GEDACHT!

AM BESTEN FÜHRST DU DIE VERSUCHE IN ANWESENHEIT DER ELTERN DURCH.

FÜHRE KEINE EXPERIMENTE DURCH, DIE NICHT IM BUCH AUSFÜHRLICH BESCHRIEBEN SIND.

WANN SIE DIE ANLAGE LÄNGERE ZEIT NICHT BENUTZEN, NEHMEN SIE DIE BATTERIE HERAUS.

VERWENDEN SIE NUR DIE EMPFOHLENEN BATTERIEN IN DIESEM SPIELZEUG.

VERWENDEN SIE MÖGLICHST ALKALISCHE BATTERIEN.

DIE BATTERIEN DÜRFEN NICHT MIT METALLTEILEN IN BERÜHRUNG KOMMEN, DA DIES EINE EXPLOSION VERURSACHEN KANN.

VERSUCHEN SIE NIE, BATTERIEN AUFZUFÜLLEN.

DIE BATTERIEN DÜRFEN NUR VON EINEM ERWACHSENEN GEWECHTSELT WERDEN.

WERFEN SIE BATTERIEN NICHT INS FEUER.

BITTE ENTSORGEN SIE LEERE BATTERIEN IN DAFÜR VOR-

GASEHENE BEHÄLTER.
ZULEITUNGSPOLE NIEMALS KURZSCHLIESSEN.
DAS ERZEUGNIS ENTHÄLT ELEMENTE MIT SCHARFEN
SPITZEN UND KANTEN.
DIE BESTANDTEILE DIESES SETS HABEN KLEINE ÄUßERE
DIMENSIONEN UND SCHARFE ANSCHLÜSSE. DESHALB IST ES
NICHT FÜR KINDER UNTER ZEHN JAHREN GEDACHT.

LIEBE ELTERN !

Mit diesem Buch treten sie (erneut) in die Welt der Elektronik ein. Wenn sie sich in dieser Welt schon auskennen, seien Sie dem jungen Forscher Ermunterung und Hilfe. Wenn aber diese Welt der Elektronik auch für sie neu ist, so sollte es ihnen ein Vergnügen sein sich dem jungen und aufgeweckten Forscher anzuschließen. Die Welt der Elektronik ist voll von Entdeckungen, die auf junge und auch ältere Forscher wartet.

Wir möchten noch einmal betonen, daß das Set so hergestellt ist, daß seine Anwendung sicher ist. Mit Absicht haben wir als Energiequelle eine Batterie vorgesehen, da die Stromenergie aus der Steckdose eine potentielle Gefahr darstellt, die besonders auf unerfahrene Anwender lauert.

DESHALB ERLAUBEN SIE IHREM KIND NICHT, MIT STROM AUS DER STECKDOSE ZU EXPERIMENTIEREN!

Die Anwendung eines Gleichrichters anstatt der Batterie ist in diesem Buch nicht erwähnt. Wenn sie selber schon Erfahrungen mit Elektronik und Elektrotechnik besitzen, so kann die Energiequelle auch ein Gleichrichter sein, jedoch ausschließlich unter ihrer Aufsicht. Die unbeaufsichtigte Benutzung eines Gleichrichters kann zur Zerstörung von Elementen führen.

FANGEN WIR AN !

Die Nutzung der Entdeckungen aus dem Bereich der Elektronik veränderte die Welt in der wir leben gründlich. Seit der Entdeckung des Transistors ist noch nicht einmal ein halbes Jahrhundert vergangen und die Entdeckung der integrierten Schaltung noch keine dreißig Jahre alt. Die Anwendung der Elektronik fand in allen Bereichen unseres Lebens ihren Platz. Wenn du das nicht glauben magst, frage mal deine

Großeltern, ob sie in ihrer Jugendzeit einen Fernseher oder ein Radio daheim hatten. Von Videorecordern, Computern, Kassettenrecordern und Fotoapparaten mit automatischer Einstellung ganz zu schweigen!

Bestimmt aber werden sie dir alle bestätigen können, daß die Anwendung der Elektronik ihr Leben sehr veränderte. Vielleicht werden einige sogar jammern, wie schön es einmal "ohne" war, aber mach dir darüber keine Gedanken. Auch ihnen wurde von den Großeltern das gleiche erzählt. Vielleicht wirst auch du später das gleiche sagen.

Die Elektronik veränderte und verändert unsere Lebensweise gründlich, deshalb verdient sie unsere Aufmerksamkeit. Das du dieses Buch liest, ist der Beweis dafür, daß auch du so denkst. Wie funktionieren aber Videorecorder, Computer, elektronische Armbanduhren, CD-Player? Die Antwort ist nicht leicht.

Bestimmt hast du daheim Legos. Wenn dich der kleine Bruder oder die kleine Schwester fragt, woraus das schöne Schloß, das Raumschiff oder das Haus gebaut ist, kannst du ihnen leicht antworten. Du hast eine Menge von einfachen Würfeln zusammengesteckt. Jeder für sich ist einfach, wenn du sie aber zu einer bestimmten Form vereinigt, entsteht etwas, was einem einzigen Lego-Stein überhaupt nicht ähnlich ist. Als du dein Meisterwerk zusammenbaust, bekommst du bestimmt keine grauen Haare bei der Frage, wie und woraus ein Lego-Stein hergestellt ist.

So in etwa ist es auch mit der Elektronik. Bei einer noch so verstrickten Schaltung können wir uns vorstellen, daß sie aus einer Menge sehr einfacher Schaltungen zusammengesetzt ist. Nicht einmal die größten Fachleute können genau sagen, wie eine komplizierte und umfangreiche Elektroschaltung funktioniert. Klar, daß du einen Fernseher bedienen und mit einem Game-boy spielen kannst. Dabei aber stört dich die Frage überhaupt nicht, wie die beiden Geräte funktionieren. So wie du für den Bau eines Schlosses aus Legos eine Menge kleiner Steine benötigst, so mußt du auch für die Zusammensetzung einer komplizierten Schaltung zuerst eine Menge einfacher Schaltungen herstellen.

Dafür solltest du dieses Buch benutzen. Dadurch wirst du lernen, wie einfache Elektronikschaltungen funktionieren. Mit dem Wissen, welches du dir durch die Benutzung dieses Buches aneignest, wirst du auch in der Lage sein, dir eine schon etwas kompliziertere Elektronikschaltung zusammenzubauen.

Schon neugierig? Dann kann der Spaß beginnen!

MAßEINHEITEN

Da wir es in diesem Buch mit physikalischen Mengen zu tun haben Ywerden, die in verschiedenen Maßeinheiten angegeben sind, zuerst etwas über unseren System der Maßeinheiten.

Überall auf der Welt, benutzen wir in der Technik das sogenannte SI-System der Maßeinheiten: SI - (franz.) = Systeme Internationale bzw. internationales System. In diesem System sind als grundlegende Einheiten die folgenden festgelegt:

Länge	Meter	1 m
Masse	Kilogramm	1 kg
Zeit	Sekunden	1 s
Strom	Amper	1 A
Temperatur	Kelvin	1 K
Lichtstärke	Candel	1 cd
Stoffmenge	Mol	1 Mol

Alle anderen Einheiten sind aus den grundlegenden Einheiten abgeleitet und werden durch sie ausgedrückt. So ist zum Beispiel Volt eine abgeleitete Einheit. Die Verbindung zwischen den einzelnen abgeleiteten Einheiten ist nicht gerade einfach, sie genau zu erklären ginge über den Rahmen dieses Buches hinaus.

Eine Menge von Dingen, die sich um uns herum befinden, können wir auf eine bestimmte Weise ausmessen und ihnen so eine bestimmte Eigenschaft zuschreiben. Wir können die Länge eines Tisches ausmessen. Zu diesem Zweck benutzen wir ein Meßinstrument (z. B. ein Lineal) auf dem sich eine Skala befindet, die in kleine Untereinheiten aufgeteilt ist. Die Einheit für das Messen der Länge ist ein Meter.

Sicher kennst du noch andere Einheiten. Die Masse wird in Kilogramm gemessen, die Zeit in Sekunden, der Inhalt von Behältern in Kubikmetern usw.

Oft haben wir es mit ausgemessenen Werten zu tun, die viel größer oder kleiner sind als die Grundeinheiten. In solchen Fällen benutzen wir

Vorsilben, die uns sagen, wievielmals unsere Einheit kleiner oder größer als die Grundeinheit ist.

Für ausgemessene Werte, die nach ihrer Größe sehr viel größer sind als die Grundeinheit, benutzen wir folgende Vorsilben:

Vorsilbe	Kennzeichnung	Wert	Multipliziert man mit
Kilo	k	10^3	1.000
Mega	M	10^6	1.000.000
Giga	G	10^9	1.000.000.000
Tera	T	10^{12}	1.000.000.000.000

So hat z. B. 1 Kilometer 1.000 Meter, 101,6 Megahertz aber 101.600.000 Hertz bzw.

$$1 \text{ km} = 1.000 \text{ m}$$

$$101,6 \text{ MHz} = 101.600.000 \text{ MHz}$$

Für ausgemessene Werte, die nach ihrer Größe viel kleiner als die Grundeinheiten sind, benutzen wir folgende Vorsilben:

Vorsilbe	Kennzeichnung	Wert	Grundeinheit wird geteilt durch
Milli	m	10^{-3}	1.000
Mikro	μ	10^{-6}	1.000.000
Nano	n	10^{-9}	1.000.000.000
Piko	p	10^{-12}	1.000.000.000.000

So ist z. B. 1 Millimeter gleich 0,001 Meter, 10 Milliliter dann 0,01 Liter bzw.

$$1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}$$

$$10 \text{ ml} = 0,01 \text{ l}$$

GRUNDBAUSTEINE DER ELEKTROSCHALTUNG

DER ELEKTRISCHE STROMKREIS

Den elektrischen Strom kann man nicht hören, sehen oder riechen.

WANN LÄUFT DER STROMKREIS? Dann, wenn wir elektrische Spannung haben und der Stromkreis geschlossen ist.

Stell dir mal vor, du hast auf dem Tisch ein Gefäß, das mit Wasser gefüllt ist und auch unter dem Tisch befindet sich ein Gefäß, jedoch leer. Wenn man mit einem Schlauch das obere Gefäß mit dem unteren verbindet, beginnt das Wasser durch den Schlauch zu fließen. Das Gefäß auf dem Tisch leert sich langsam, das untere aber füllt sich. Je größer der Durchmesser des Schlauchs ist, umso mehr Wasser fließt durch.

Angenommen es ist direkt über dem unteren Gefäß ein Rad angebracht. Wenn dieses klein und leicht ist, wird es schon vom kleinsten Wasserstrahl gedreht. Wenn aber das Rad größer ist, braucht es auch einen stärkeren Wasserstrahl, den man dadurch bekommt, daß man einen größeren Schlauchdurchmesser nimmt oder aber, daß man bei dem dünneren Schlauch das Gefäß vom Tisch nimmt und es auf einen (höheren) Schrank stellt.

Früher oder später entleert sich das obere Gefäß in das untere. Wenn man aber an das untere Gefäß eine Pumpe anschließt und mit der Hand in Betrieb setzt, wird das Wasser vom unteren Gefäß in das obere gepumpt. Die Experimente mit den Gefäßen, Schläuchen, Wasserrädern und der Pumpe, verdeutlichen, was sich alles im elektrischen Stromkreis abwickelt. Das erhöhte Gefäß stellt einen Batterieanschluß dar, unterschiedlich dicke Schläuche jedoch verschieden dicke Leitungen, durch welche ein stärkerer oder schwächerer elektrischer Stromkreis fließt. Die kleineren und größeren Wasserräder sind aber die Verbraucher der Stromenergie, zum Beispiel ein schwacher und ein stärkerer Elektromotor oder eine schwache oder stärkere Glühlampe. So wie beim größeren Wasserrad und beim dickeren Schlauch das obere Gefäß früher leer wird, so entleert sich auch die Batterie früher bei dickeren Leitern und stärkeren Elektromotoren.

Anstelle der Batterie benutzen wir als Quelle der elektrischen Energie einen Generator, so wie in den Kraftwerken. Im oberen Beispiel über-

nahm die Wasserpumpe die Rolle des Generators.

In unserem Beispiel mit den Gefäßen übernehmen der Reihe nach das obere Gefäß, der Schlauch, das Wasserrad und am Ende noch das untere Gefäß die Rolle des Stromkreises. Im elektrischen Stromkreis verläuft der Strom vom Anschluß, welcher mit dem Pluszeichen (+) gekennzeichnet ist, durch den Leiter, dann durch den Verbraucher der elektrischen Energie bis hin zum Negativanschluß (-).

Die Wirkung des elektrischen Stroms ist davon abhängig, was sich im elektrischen Stromkreis befindet. Wenn sich hier ein Elektromotor befindet, können wir die Drehungen der Achse beobachten. Bei einem Summer, hören wir den Laut. Wenn es eine Glühlampe ist, sehen wir die Helligkeit. Beispiele gibt es viele. Für die Herstellung aller elektrischen Schaltungen benutzt man Grundbausteine. Dies sind zum Beispiel Batterien, Leiter, Widerstände, Kondensatoren, Schalter, und Halbleiterelemente (Diode, Leuchtdiode, Transistor und integrierte Schaltung).

BATTERIE

Die Batterien sind Quellen der elektrischen Energie. Die Haupteigenschaft der elektrischen Energie ist die Spannung. Zu Ehren des italienischen Physikers Alessandro Volta nennt man die Maßeinheit für die Spannung Volt bzw. V. Das Symbol für Spannung ist U.

Die Spannung zwischen den Anschlüssen auf einem kleinen Batterieeinsatz, welchen man zum Beispiel in kabellosen Kassettenrecordern benutzt, beträgt 1,5 V. Die Spannung zwischen den Anschlüssen an der Autobatterie (Akkumulator) ist jedoch 12 V. Die Spannung zwischen den Anschlüssen einer Flachbatterie ist 4,5 V.

Für Batterien und Akkumulatoren benutzt man das gleiche elektrische Symbol: einen langen dünnen Strich und parallel zu ihm noch einen dickeren Strich. Der dünne Strich stellt den positiven, der dickere den negativen Pol dar. Wenn man mehr Batteriezellen hintereinander schaltet, bekommt man eine Batterie mit höherer Spannung. Eine Batteriezelle hat normalerweise 1,5 V. Also, in einer 9 V-Batterie sind 6 Zellen verbunden, in einer von 4,5 V aber drei.

Die hintereinanderverbundene Batteriezellen sind auf einer Schaltskizze so eingezeichnet, daß die dünnen und die dicken Striche in der Form eines

Turms gezeichnet sind oder aber, daß zwischen den beiden Symbolen für die Batterie Punkte eingezeichnet sind. Die unterschiedlichen Symbole der Batterien und deren äußeres Aussehen sind auf der Bilder a.) und b.) dargestellt.

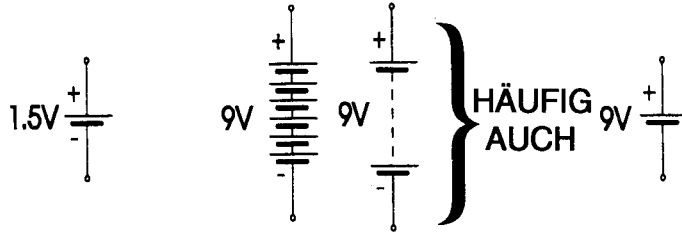


Bild a.) Symbol für die Batterie

Kehren wir zum Vergleich mit dem Gefäßen zurück; stell dir gefüllte Gefäße auf Treppen vor, die durch Schläuche miteinander verbunden sind. Aus dem obersten Gefäß fließt das Wasser durch die Schläuche in das jeweils untere, aus dem letzten Gefäß läuft das Wasser, das ja in allen Gefäßen vorhanden war, aber über. Die Hintereinanderschaltung der Batterien kannst du damit vergleichen.

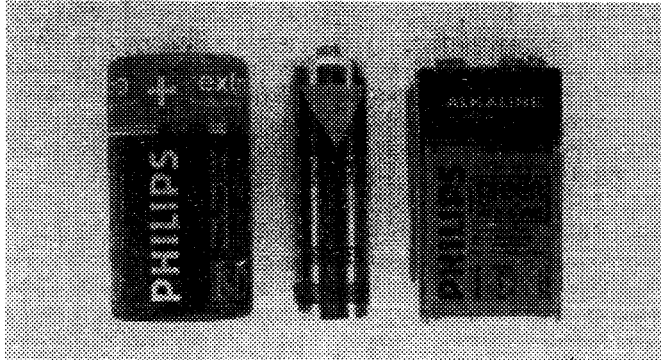


Bild b.) Unterschiedliche Batterien

STROMLEITER

Mit den Stromleitern verbinden wir die einzelnen Bausteine der elektrischen Schaltungen im Stromkreis. In den Schaltplänen werden die Stromleiter durch Striche veranschaulicht. Wenn sich die Stromleiter untereinander nur kreuzen, dann kreuzen sich auch die Striche in dem Schaltplan. Wenn aber die Leiter untereinander verbunden werden sollen, ist dies mit einem Punkt auf dem Schaltplan gekennzeichnet. Wenn man die Leiter und die Bausteine parallel bindet, dann wird der Punkt nicht eingezeichnet. Das Kreuzen, der Kontakt und die Serienschaltung der Leiter sind im Bild c.) dargestellt.

Wenn wir die Leiter wieder mit den Schläuchen vergleichen, gilt, daß durch dickere Leiter mehr Strom durchfließt. Die Drähte, die sich im Set befinden, sind ausreichend dick und in allen unseren Experimenten anwendbar. Damit der elektrische Strom nur in die Richtung fließt, in die er soll, sind die Drähte isoliert, die Isolierung ist nur an den Drahtenden entfernt.

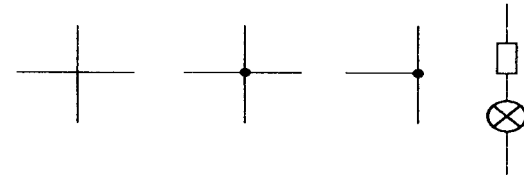


Bild c.) Kreuzung, Kontakt und Serienschaltung von Elementen.

DER SCHALTER

Den Schalter benutzen wir für zum Zumachen bzw. Schließen und Aufmachen bzw. Öffnen des elektrischen Stromkreises. Das äußere Aussehen und das Symbol eines Schalters sind auf der Bilder d.) und e.) dargestellt. Im Schaltplan ist auch eingezeichnet, ob ein Schalter geöffnet ist oder nicht.

Der elektrische Strom fließt durch den abgeschlossenen Stromkreis. Der elektrische Strom ist die Menge der Elektrizität, die in einer Sekunde durch den Leiter fließt.

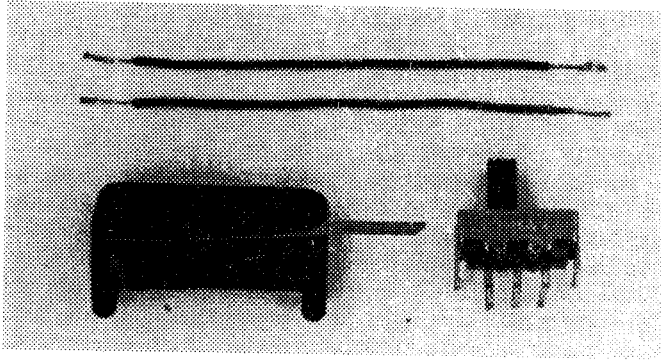


Bild d.) Bild der Leiter und Schalter

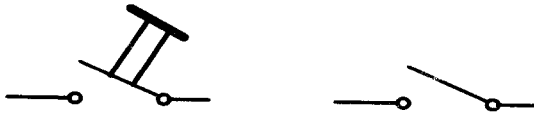


Bild e.) Elektrisches Symbol für Schalter

Mit einer Gleichung schreiben wir das so:

$$I = Q / t$$

In dieser Gleichung ist I Strom, Q aber die Strommenge, die den Leiter in der Zeit = t durchfließt.

Nach dem französischen Physiker Andre Ampere messen wir den elektrischen Strom in Ampere (A), das Symbol für Strom ist I.

DER STROM

Wenn wir uns an die Gefäße mit dem Wasser erinnern, so erinnern wir uns auch, daß die Wassermenge im oberen Gefäß die Menge des Stroms

darstellt, welcher in der Batterie gespeichert ist. Durch einen dickeren Schlauch fließt mehr Wasser bzw. stärkerer Strom. Natürlich entleert sich die Batterie bei stärkerem Strom schneller. Das gleiche gilt für die Batterie und die Glühbirne: ist die Glühbirne stark, fließt bei gleicher Spannung durch sie ein stärkerer Strom. Die Glühbirne leuchtet zwar heller, jedoch entleert sich die Batterie schneller als wenn man eine schwächere Glühbirne benutzt.

Auch das Wasser im Fluß stellt einen Strom dar. So wie das Wasser unter der Brücke immer in die gleiche Richtung durchfließt, so fließt auch der Gleichstrom durch den Leiter immer in der gleichen Richtung.

DER WECHSELSTROM

Stell dir vor, du beobachtest einen Wasserstrom in einer Enge zwischen einer Bucht und dem offenen Meer. Was passiert zwischen den Gezeiten? Wenn auf dem offenen Meer wegen der Flut der Wasserspiegel sehr hoch ist, fließt das Wasser in die Bucht. Wenn der Wasserspiegel auf dem offenen Meer wegen der Ebbe niedrig ist, fließt das Wasser aus der Bucht in das offene Meer. Wegen der Gezeiten fließt das Wasser in der Buchtengenge zuerst in die eine Richtung, später aber in die Gegenrichtung. Wir können sagen, daß durch die Buchtengenge wechselnder Strom fließt.

Auch durch die Stromleiter fließt der elektrische Strom einmal in die eine und einmal in die andere Richtung. Einen solchen Strom nennen wir Wechselstrom.

Obwohl der elektrische Strom aus der Batterie immer nur in eine Richtung fließt, werden wir in unseren Schaltungen Beispiele antreffen, wo durch einige Elemente in der Elektroschaltung der Strom zuerst in die eine, dann in die andere Richtung fließt. Mit anderen Worten ausgedrückt, durch die Elemente wird Wechselstrom fließen.

DIE FREQUENZ

Beim Wechselstrom können wir feststellen, wievielmals in der Sekunde die Richtung des Stroms wechselt. Die Anzahl der Richtungsveränderungen in einer Sekunde nennen wir Frequenz. Nach dem deutschen Physiker Heinrich Hertz, welcher die Ströme des Wechselstroms untersuchte, nennen wir die Einheit für Frequenz Hertz (Hz).

Erinnerst du dich an das Kapitel, in dem wir über die grundlegenden Maßeinheiten sprachen. Dort erwähnten wir, daß man alle Maßeinheiten aus den Grundeinheiten ableiten kann. Unter den Grundeinheiten gibt es aber keine Einheit für die Frequenz. Und wie kann man sie aus den Grundeinheiten ableiten? Die Frequenz ist die Anzahl der Veränderungen in der Sekunde. Deshalb gibt es für die "Anzahl der Veränderungen" keine Einheit, für die Sekunde aber haben wir eine Grundeinheit. Frequenzeinheit können wir als

(Einheit für Frequenz) = (Einheit für die Anzahl der Veränderungen) / (Einheit für Zeit)

$$\text{Hz} = 1/\text{s}$$

ausdrücken.

Dies war ein Beispiel der einfachen Verbindung zwischen den Einheiten der Maßsysteme. Zu einigen anderen Einheiten (z.B. Volt oder Ohm) ist der Weg nicht so einfach.

Wenn irgendein Wechselsignal eine niedrige Frequenz aufweist, dann sagen wir, daß dies ein "Niederfrequenz-Signal" (NF-Signal) ist. Der elektrische Strom, welcher durch die Spannungsspule in den Lautsprechern fließt, ist ein niederfrequenter. Der Ton, den wir hören, hat eine Frequenz zwischen 16 und 20 Hz. Die elektrischen Signale solcher Frequenzen nennen wir niederfrequente Signale. Auch der Strom, welcher durch den Antennenleiter zwischen Antenne und Fernseher fließt, ist niederfrequent.

Wenn wir es in unseren Schaltungen mit Wechselsignalen zu tun haben werden, so werden dies niederfrequente Signale sein.

WIDERSTAND

Ein Widerstand besteht gewöhnlich aus einem Keramikröhrchen, auf welchem eine Widerstandsschicht (z. B. Graphit oder Metall) angebracht ist. Am Ende des Röhrchens sind zwei kleine Drähte angebracht, mit denen man den Widerstand mit der Schaltung verbindet. Das äußere Aussehen und das elektrische Symbol für den Widerstand sind auf der Bilder f.) und g.) dargestellt.

Wenn wir die Eigenschaften des Widerstands mit dem Verhalten der Flüssigkeiten vergleichen, dann müssen wir uns den Widerstand als eine Verengung im Schlauch, durch den die Flüssigkeit fließt, vorstellen. Je enger der Schlauch wird, desto schwieriger wird die Flüssigkeit durch die Verengung fließen.

Der Fluß durch den Widerstand ist von der Spannung an den Anschlüssen und von der Widerstandsfähigkeit - dem Widerstandswert - des einzelnen Widerstands abhängig. Je höher die Spannung ist, je mehr Strom fließt durch den Widerstand. Bei gleicher Spannung fließt mehr Strom durch einen Widerstand mit kleinerem Widerstandswert. Die Bedeutung der oberen Aussage können wir mit einer Gleichung so darstellen:

$$I = U / R,$$

wobei das I der Strom durch den Widerstand, das U die Spannung an den Anschlüssen des Widerstands und das R der Widerstandswert ist. Die Gleichung können wir auch in einer anderen Form niederschreiben:

$$U = I \cdot R.$$

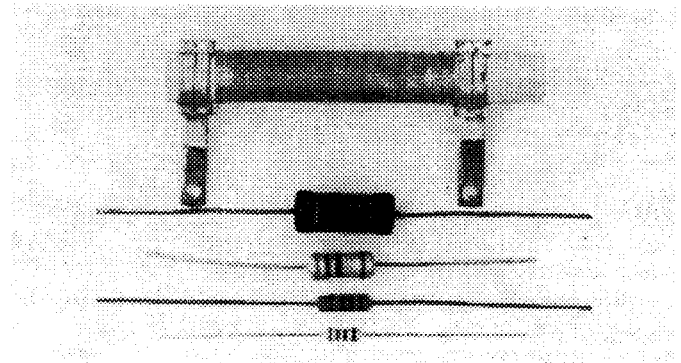


Bild f.) Widerstände



Bild g.) Elektrische symbol für das Widerstand

Nach dem deutschen Physiker Georg Simon Ohm, der die Verhältnisse zwischen Strom, Spannung und Widerstand im elektrischen Stromkreis erforschte, nennen wir dieses Gesetz das Ohmsche Gesetz. Die Maßeinheit für den elektrischen Widerstand ist Ohm, welche wir ansonsten mit dem griechischen Buchstaben Omega (Ω) kennzeichnen. So wie bei den anderen Einheiten, verwenden wir hier bei größeren Werten auch die Vorsilben Kilo- und Mega-: 1 Kiloohm sind tausend Ohm, 1 Megaohm aber eine Million Ohm.

Da die Widerstände von ihrer Größe her eher winzig sind, könnten auf ihnen aufgedruckte Zahlen leicht weggewischt oder beschädigt werden und das Ablesen wäre dann schwierig. Deshalb sind die Werte der Widerstände mit Farbringen gekennzeichnet.

UND WIE LESEN WIR DIE KENNZEICHNUNGEN ?

Den Widerstand nehmen wir so in die Hand, daß die Farblinien näher am linken Rand des Widerstands sind. Wenn auf dem Widerstand mehrere Linien eingezeichnet sind, dann sollte die breiteste Linie rechts sein. Auf dem Widerstand können sich drei oder fünf Linien befinden. Wenn es mehr als drei Linien sind, bedeutet die rechte Linie die Herstellungsgenauigkeit.

Wenn wir auf dem Widerstand drei oder vier Linien haben, stellen die ersten zwei Zahlen dar, die dritte aber die Zahl der Nullen, die man zu den abgelesenen Zahlen dazuzählen muß. Gibt es aber fünf Linien, sind die Zahlen mit den ersten drei Linien angegeben, die vierte bestimmt dann die Zahl der Nullen.

Die Farben bedeuten:

- 0 Schwarz
- 1 Braun
- 2 Rot
- 3 Orange
- 4 Gelb
- 5 Grün
- 6 Blau
- 7 Violett
- 8 Grau
- 9 Weiß

Mit den gleichen Farben wird auch die Anzahl der Nullen, die man zu den abgelesenen Zahlen dazuzählen muß, angegeben.

- 0 (Schwarz) keine
- 1 (Braun) eine
- 2 (Rot) zwei
- 3 (Orange) drei
- 4 (Gelb) vier
- 5 (Grün) fünf
- 6 (Blau) sechs
- 7 (Violett) sieben
- 8 (Grau) acht
- 9 (Weiß) neun

Bei der Bezeichnung von Widerständen, die kleiner als 10 Ohm sind, ist der abgelesene Zahlenwert schon zu hoch. In diesem Fall muß man den erhaltenen Zahlenwert durch zehn oder hundert teilen.

Gold bedeutet: teile durch zehn
 Silber bedeutet: teile durch hundert

Der letzte (vierte bzw. fünfte) Ring sagt uns, wie genau der Widerstand hergestellt ist. Wenn in einer Fabrik Widerstände (oder irgendwelche anderen Elemente) hergestellt werden, sind die Produkte untereinander nicht vollkommen gleich. So unterscheiden sich alle Widerstände, die

schieben, so verändert sich zwischen einem der Anschlüsse und dem Gleitkontakt der Widerstand. Solche veränderlichen Widerstände nennen wir Spannungsleiter (Potentiometer). In den Spannungsleitern befindet sich die Widerstandsschicht auf einer kleinen Platte in Ringform. Der Gleiter ist auf einer drehbaren Achse befestigt. Ein Beispiel zur Anwendung eines Potentiometers haben wir in der Schaltung, mit der man die Lautstärke eines Empfangsgerätes einstellen kann.

Da das Gehäuse des Potentiometers groß genug ist, ist der Widerstandswert mit Zahlen auf das Gehäuse des Potentiometers geschrieben, zum Beispiel 50 K (50 Ω).

Wenn wir das Potentiometer als veränderlichen Widerstand anwenden wollen, gliedern wir ihn so in die Schaltung, daß wir eine End- und eine mittlere Klemme benutzen, auf die der Gleiter des Potentiometers angeschlossen ist. Wenn die Achse des Potentiometers so verdreht ist, daß der Gleiter des Potentiometers ganz nah an dem Anschluß ist, der benutzt wird, ist der Widerstandswert zwischen den Anschlüssen und dem Gleiter sehr niedrig; wir können ohne weiteres sagen, daß sie gleich Null ist. Wenn sich der Gleiter des Potentiometers ganz nah an dem Ende des Potentiometers befindet, welches nirgendwo angeschlossen ist, ist zwischen dem Gleiter und dem verwendeten Anschluß des Potentiometers die Widerstandsschicht mit ihrer ganzen Länge vorhanden. Dann ist der Widerstandswert zwischen dem Gleiter und dem benutzten Potentiometeranschluß die größtmögliche für dieses Potentiometer. Das ist der Widerstandswert, der auf dem Gehäuse des Potentiometers angeführt ist.

Wenn wir das Potentiometer als veränderlichen Widerstand benutzen, werden nur zwei Anschlüsse angewendet: der mittlere und einer von denen am Ende. Deshalb wird in Schaltplänen ein solcher veränderlicher Widerstand häufig mit einem schräg darübergezeichneten Pfeil gekennzeichnet. Im allgemeinen gilt: Wenn ein Pfeil über dem Symbol eines Elements eingezeichnet ist, heißt dies: das Element ist veränderlich.

Auf dem Bild h.) ist eine schematische Verdeutlichung eines Potentiometers sowie eines Potentiometers dargestellt, der als veränderlicher Widerstand verwendet ist.

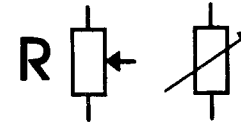


Bild h.) Symbol für das Potentiometer

KURZSCHLUSS

Der Widerstandswert eines Drahtes ist, im Vergleich zum Widerstandswert irgendeines anderen Elements in der Schaltung, unbedeutend klein, wir können auch sagen: gleich Null.

Wenn wir parallel zu irgendeinem Element Draht geben, fließt deshalb der elektrische Strom lieber durch die Drähte als durch das Element. Man sagt dazu auch: der elektrische Strom hat den für ihn einfachsten Weg bzw. den "kürzesten" Weg genommen. Deshalb nennen wir diesen Verbindung Kurzschluß.

Auch eine Umschaltung, die wir durch Tastendruck oder die Betätigung eines Schalters vornehmen, nennen wir Kurzschluß.

GEÖFFNETE KLEMMEN

Wenn wir an einer Stelle die Schaltung unterbrechen, hört der bestehende Weg auf, auf dem der elektrische Strom weiterfließen könnte, denn durch die Luft kann der elektrische Strom nicht fließen. Eine solche Stelle nennen wir geöffnete Klemmen. Wenn nur ein Anschluß irgendeines Elements in der Luft hängt, kann durch diese Element der elektrische Strom nicht hindurchfließen.

DIE MASSE

Wir werden in diesem Buch auch öfters den Begriff "Masse" benutzen. In der Elektrotechnik stellt dieser Begriff einen Teil der Schaltung dar, welcher mit einem Draht an den negativen Anschluß der Batterie angeschlossen ist. Zum Beispiel beim Auto; von jedem Leiter, der an das Fahrgestell bzw. an das Chassis angeschlossen ist, sagen wir, daß er an die Masse angeschlossen ist. In unseren Schaltungen wird der Begriff "Masse" bedeuten, daß dieses Teil an den negativen Batterieanschluß

angeschlossen ist.

Gewöhnlich werden die Spannungen zwischen einem bestimmten Punkt und der Masse gemessen bzw. dem negativen Batterieanschluß. Also, wenn irgendwo geschrieben steht, daß auf dem Kollektor 9 V ist, bedeutet dies, daß die Spannung zwischen diesem Kollektor und der Masse bzw. dem negativen Batterieanschluß gemessen wurde. Das Symbol der Masse ist auf dem Bild i.) aufgezeichnet.

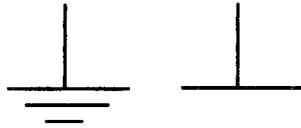


Bild i.) Symbol für die Masse

KONDENSATOR

Der Kondensator ist aus zwei parallelen Platten hergestellt, zwischen denen sich eine Schicht befindet, die den elektrischen Strom nicht leitet. Damit der Kondensator in seinen äußeren Dimensionen kleiner ist, ist er so ähnlich wie ein Papierhandtuch zusammengefaltet oder gewickelt.

Die Fähigkeit des Kondensators, eine bestimmte Menge von Elektrizität aufzunehmen, nennen wir Kapazität. Nach dem englischen Chemiker und Physiker Michael Faraday nennen wir die Einheit für die Kapazität "Farad" (F). Das Symbol für die Kapazität ist ein großes C. Ein Farad ist eine sehr große Einheit, deshalb verwenden wir öfters kleinere Einheiten: ein Mikrofarad (μF) ist der millionste Teil eines Farads, ein Nanofarad (nF) ist dagegen tausendmal kleiner als ein Mikrofarad. Der Zahlenwert der Kapazität ist am häufigsten einfach mit Ziffern auf den Kondensator selbst aufgeschrieben.

Wie würden wir eigentlich den Kondensator bei unseren Wasserexperimenten veranschaulichen? Wenn wir am Ende des Schlauchs einen leeren Ballon befestigen, so füllt er sich mit Wasser. Wenn wir den Schlauch entfernen, beginnt das Wasser aus dem Ballon herauszuspritzen. Je größer der Ballon, um so mehr Wasser geht hinein. Wenn das obenstehende Gefäß auf einen höheren Platz gestellt wird, geht

in den Ballon ebenso viel mehr Wasser hinein.

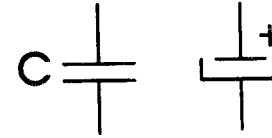


Bild j.) Symbol eines einfachen und eines elektrolytischen Kondensators

Beim Kondensator könnten wir sagen, daß die Höhe des oberen Gefäßes der Spannung an den Klemmen des Kondensators entspricht, die Größe des Ballons ist die Kapazität, die Wassermenge, die wir in den Ballon füllen können, ist aber die Elektrik. Die Kapazität des Kondensators ist:

$$C = Q / U,$$

wobei Q die Elektrizität (in Coulombs, C) ist, welche auf den Platten des Kondensators ist und U die Spannung an den Klemmen des Kondensators (in Volts, V). Wenn ein Kondensator eine größere Kapazität besitzt, geht in ihn bei gleicher Spannung mehr Strom hinein. Die Kondensatoren, die wir in unseren Versuchen verwenden werden, haben unterschiedliche Formen und Größen. Die einen haben die Form kleiner Tabletten, auf deren beiden Seiten kleine Drähte angebracht sind. Dies sind keramische Kondensatoren. Andere haben die Form kleiner plastischer Zylinder oder Würfel. Diese Kondensatoren haben im Innern zusammengewickelte Folien und sind im Gehäuse eingegossen. Die dritte Ausführung sind die elektrolytischen Kondensatoren. Für sie ist charakteristisch, daß es nicht egal ist, wie wir sie anschließen. Auf dem Gehäuse des elektrolytischen Kondensators ist extra angeführt, welcher Anschluß an die positive und welcher an die negative Spannung in der Schaltung angeschlossen werden muß.

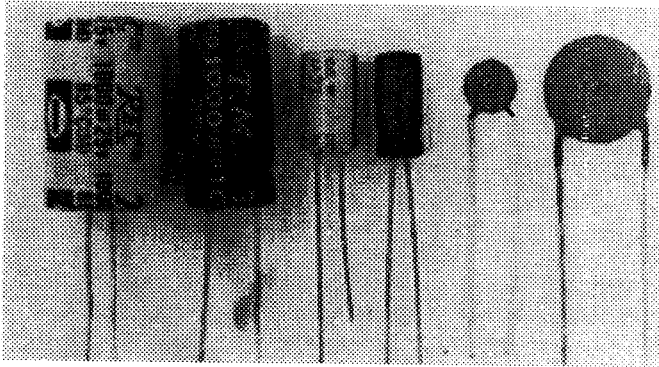


Bild k.) Kondensatoren

Auf dem Gehäuse des elektrolytischen Kondensators ist auch angeführt, was für eine Spannung er verträgt. Wenn wir ihn an eine größere Spannung anschließen, kann er sehr schnell kaputtgehen.

Die elektrolytischen Kondensatoren haben eine Kapazität von mehreren Mikrofarad.

Das Aussehen sowie die schematische Darstellung eines einfachen und eines elektrolytischen Kondensators sind auf der Bilder j.) und k.) dargestellt.

SPULE

Die Spule ist genau genommen ein langer Draht, der auf einen Träger aufgewickelt ist. Wenn durch die Spule Strom fließt, benimmt sie sich wie ein Magnet. Dies können wir sehr schön dadurch sehen, daß die Spule, durch die Strom fließt, kleine Eisenstücke an sich zieht, z. B. Drahtreste, kleine Muttern und Schrauben.

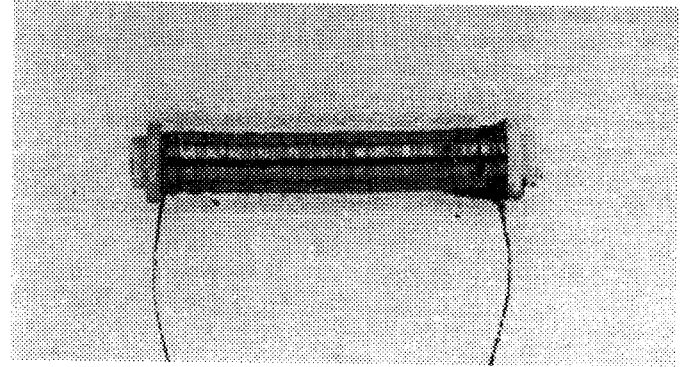


Bild l.) Spule

Die Spule widersetzt sich der Veränderung des Stroms, der durch sie fließt. Ähnlich verhält sich auch ein langer gewickelter Schlauch, durch welchen Wasser fließt. Wenn der Schlauch lang ist, befindet sich darin viel Wasser. Sobald wir den Schlauchanfang vom Wasserhahn entfernen, läuft das Wasser noch einige Zeit heraus, erst später beruhigt es sich und hört auf zu fließen.

Die Eigenschaft der Spule ist die Induktivität. Zu Ehren des englischen Physikers Joseph Henry benennen wir die Einheit für die Induktivität Henry (H). Das Symbol für die Induktivität ist der Großbuchstabe L.

Die Spule und ihr elektrisches Symbol sind auf der Bilder l.) und m.) dargestellt.



Bild m.) Das Symbol der Spule

THERMISTOR

Der Thermistor ist eine besondere Ausführung eines Widerstandes. Für ihn ist charakteristisch, daß sich sein Widerstandswert sehr verändert, wenn wir ihn erwärmen.

In Hinblick darauf, ob sich der Widerstand beim Erwärmen verringert oder vergrößert, sagen wir, daß der Thermistor einen negativen oder positiven Temperaturkoeffizienten hat. Der Widerstandswert des Thermistors wird mit Zimmertemperatur (20 °C) angegeben.

In unserem Set befindet sich ein Thermistor, bei dem der Widerstand mit der Erwärmung fällt.

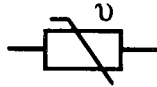


Bild n.) Symbol des Thermistors

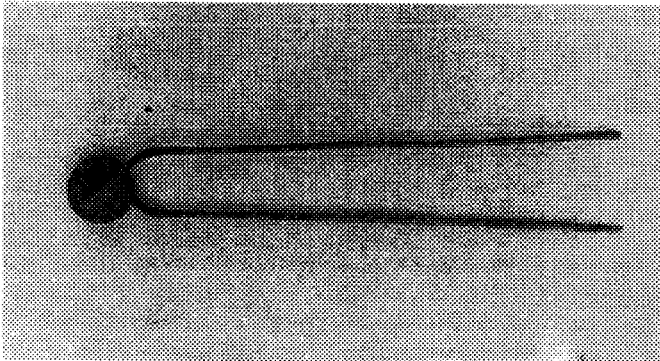


Bild o.) Thermistor

Äußerlich sind die Thermistoren den keramischen Kondensatoren sehr

ähnlich. Der Widerstand ist mit Zahlen oder mit Farben so gekennzeichnet, daß die erste Farbkennzeichnung auf dem Platz ist, der sich gegenüber den Anschlußdrähten befindet.

Das Thermistor und sein elektrisches Symbol sind auf der Bilder n.) und o.) dargestellt.

GLÜHBIRNE

In dem vorliegenden Set befindet sich auch eine Glühbirne, die wir in unseren Versuchen verwenden werden. Die Glühbirne, ihre Fassung sowie ihr Symbol sind auf der Bilder p.) und s.) dargestellt.



Bild p.) Das Symbol der Glühbirne

Die Glühbirne mit dem eingebauten Glühfaden ist eine Erfindung, mit welcher ungefähr zur gleichen Zeit zwei Erfinder berühmt wurden: der Amerikaner Thomas Alva Edison und der Engländer Sir Joseph Wilson Swan.

HALBLEITERDIODE

Die Halbleiterdiode nutzt die Eigenschaften der Stoffe aus, welche den elektrischen Strom nur unter bestimmten Bedingungen leiten.

Charakteristisch für Halbleiterdioden ist, daß sie den Strom nur in eine Richtung leiten, in die andere aber nicht. Deshalb müssen wir beim Anschließen der Diode in die Schaltung darauf achten, die Diode in die entsprechende Richtung zu drehen. Auf der Diode ist besonders gekennzeichnet, in welche Richtung sie den Strom leiten wird. Den positiven Anschluß der Diode nennen wir Anode, den negativen dagegen Kathode. Durch die Diode fließt der elektrische Strom dann, wenn wir die Anode an den positiven, die Kathode aber an den negativen Pol der Batterie anschließen.

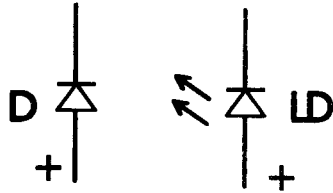


Bild r.) Symbol einer Diode und einer Leuchtdiode

Wenn die Diode in der Form eines kleinen Zylinders hergestellt ist, ist gewöhnlich die Kathode mit einer Farblinie gekennzeichnet oder es ist auf dem Körper der Diode das Diodensymbol aufgezeichnet.

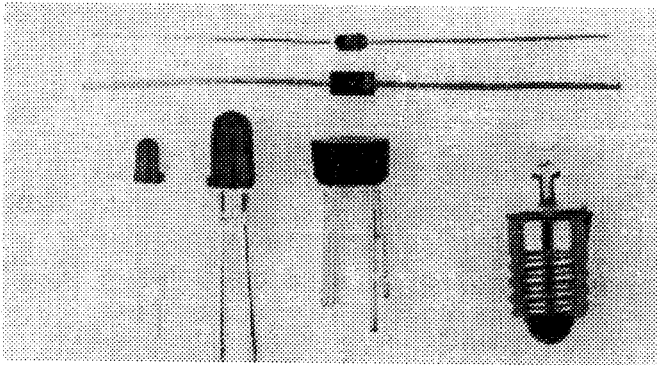


Bild s.) Darstellung von Glühlampen und Dioden

Eine besondere Variante der Dioden sind die Leuchtdioden. Wenn durch eine Leuchtdiode Strom fließt, so leuchtet diese, wie ja schon der Name sagt. Die Leuchtdioden sind so hergestellt, daß sie unterschiedliche Leuchtfarben abgeben, so zum Beispiel rote, grüne oder gelbe. Bei den Leuchtdioden ist der Kathodenanschluß kürzer, der Gehäusering der

Diode ist aber an der Kathodenseite abgeschnitten. Die unterschiedlichen Dioden-Typen, die Leuchtdioden und die entsprechenden Elektrosymbole sind auf der Bilder r.) und s.) dargestellt.

TRANSISTOR

Der Transistor ist ein Ergebnis der Forschungsarbeit in den Forschungslaboratorien des amerikanischen Unternehmens Bell. Er wurde im Jahre 1948 von Walter H. Brattain, John Bardeen und William Shockley erfunden. Die Erfindung des Transistors löste eine Lawine unaufhaltsamer Entwicklung in der Elektronik aus, deren Zeugen wir auch noch heute sind.

Der Transistor ist ein Halbleiterelement mit drei Anschlüssen. Charakteristisch für ihn ist, daß sich sein Widerstandswert in der Abhängigkeit vom Strom, welcher durch den Lenkanschluß fließt, sehr ändert.

Wie läßt sich das Verhalten des Transistors mit der Umfüllung des Wassers durch den Schlauch deutlich machen? Nehmen wir einmal an, daß an dem Schlauch ein Ventil angebracht ist. Eine Schließfeder hält das Ventil zu. An der Achse des Ventils ist ein langer Hebel angebracht, an welchem sich ein kleines Gefäß mit einem Loch befindet, durch welches das Wasser abfließen kann. Mit einem kleinen Schlauch führen wir aus dem oberen Gefäß (das ja bei allen unseren Beispielen eine Rolle spielt) dem kleinen Gefäß das Wasser zu. Das kleine Gefäß füllt sich und der Hebel bewegt sich langsam und öffnet so das Ventil des dickeren Schlauchs. Durch diesen Schlauch kann jetzt viel mehr Wasser fließen. Wenn wir den kleinen Schlauch schließen, fließt aus dem kleinen Gefäß das Wasser aus, die Sperrfeder dreht den kleinen Hebel um und das Ventil schließt sich. Mit einer kleinen Wassermenge können wir den Wasserdurchfluß durch den dickeren Schlauch regulieren.

Den dickeren Schlauch schließen wir ans Ventil des Reservoirs an. Diese Stelle am Ventil nennen wir "Kollektor". Den Wasserdurchfluß in dem dickeren Schlauch regulieren wir so mit dem Wasserdurchfluß aus dem dünneren Schlauch zu dem kleinen Gefäß. Das kleinere Gefäß nennen wir "Basis". Aus unserem Ventil und dem kleinen Gefäß fließt das Wasser in ein gemeinsames Gefäß (wir nennen es "Emitter"), von hier aus fließt das Wasser in das untere, in das Sammelgefäß.

Bei dem Halbleitertransistor sind die entsprechenden drei Anschlüsse der Kollektor, die Basis und der Emmitter. Auf den Gehäusen der Transistoren sind die Anschlüsse nur selten besonders gekennzeichnet. Wenn dies so ist, ist gewöhnlich der Emmitter gekennzeichnet. Die Unterteilung der Anschlußfüßchen ist bei allen Transistoren nicht die gleiche, deshalb können wir nicht immer sagen, daß die Basis der mittlere Anschluß ist, wie dies auf dem Bild t.) veranschaulicht ist. Um festzustellen, wie die Unterteilung der Kontaktanschlüsse ist, müssen wir jedesmal im Katalog nachschlagen, in welchem auch die Eigenschaften des Transistors angegeben sind.

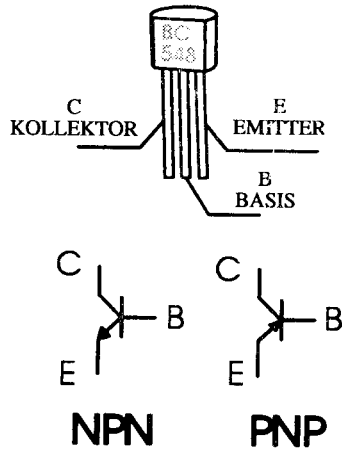


Bild t.) Symbol des Transistors

Auf dem Bild u.) sind verschieden Transistortypen dargestellt. Auf dem Bild ist auch die Unterteilung der Füßchen für den Transistor des Typs BC 548 aufgezeichnet, welcher sich in unserem Set befindet (drei Stück). Auf der Zeichnung sehen wir auch das Symbol des Transistors. Der dickere Strich stellt die Basis dar. Aus ihr geht ein schräger Strich, der

den Kollektor darstellt. Der dritte Strich für den Emmitter hat einen Pfeil. Die Pfeilrichtung zeigt uns die Richtung des elektrischen Stroms, welcher durch den Transistor fließt.

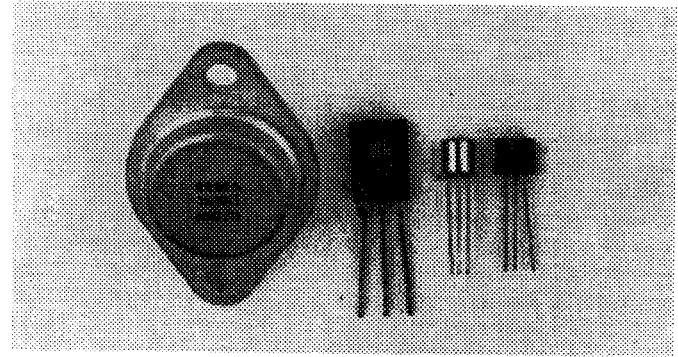


Bild u.) Verschiedene Transistor-Typen

Wenn der Pfeil von der Basis weggedreht ist, fließt der elektrische Strom aus dem Emmitteranschluß heraus und dann handelt es sich um den sogenannten NPN-Transistor. Wenn der Pfeil aber zur Basis gerichtet ist, handelt es sich um den sogenannte PNP-Transistor. Das Funktionsprinzip der beiden ist das gleiche, nur daß die Ströme in entgegengesetzte Richtungen fließen. In unserem Set befinden sich die NPN-Transistoren.

DIE MONTAGEPLATTE - FACHLICH BESTÜCKUNGSPLATTE GENANNT

Alle Versuche, die in diesem Buch beschrieben sind, werden wir auf der beigefügten Bestückungsplatte durchführen. Zur Bestückung der Platte brauchst du weder LötKolben, Schraubenzieher oder Zange. Alle Verbindungen kannst du mit der Hand herstellen.

In der Bestückungsplatte sind vorgebohrte Löcher. Bei der Zusammensetzung der Schaltung muß du zuerst sorgfältig nachsehen, wie auf der Darstellungszeichnung die Unterteilung der Kontakte ver-

läuft. Auf die entsprechende Stellen steckst du dann die Kontaktfeder so ein, wie dies auf dem Bild v.) veranschaulicht ist.

Wenn der Draht nur durch eine Spule an die Feder geht, kann sie schnell aus der Federspule herausfallen und die Schaltung würde dann nicht funktionieren (sie hängt in der Luft). Deshalb bringe den Draht durch die Feder so an, daß du an der Ausgangs- und Eingangsstelle mindestens zwei Umwicklungen machst. Es ist verständlich, daß der Draht, welchen du durch die Feder eingesteckt hast, an dieser Stelle ohne Isolierung ist. Einen richtig in die Federklemme eingesteckten Draht kannst du auf dem Bild z.) sehen.

Bereite vorsichtig die Elemente vor, die du anschließen möchtest. Biege niemals ein Draht in unmittelbarer Nähe eines Elements. Nach mehrmaligem Biegen kann der kleine Draht abbrechen und das Element ist unbrauchbar. Damit die Batterie durch ihr eigenes Gewicht nicht die ganze Platte mit sich zieht, befestigst du sie am besten an der Grundplatte. Zu diesem Zweck kannst du das beigefügte Material (kleine Drähte und Federklemmen) verwenden.

So. Jetzt haben wir den rein theoretischen Teil mit der Vorstellung der grundlegenden Bestandteile der Elektroschaltungen beendet. Jetzt können wir endlich mit dem Zusammensetzen der Schaltungen beginnen. Bei jeder Schaltung solltest du dir zuerst genau ansehen, wie die Schaltung zusammengesetzt ist. Im Set suchst du zunächst die erforderlichen Bestandteile heraus. Die Federklemmen richte dir so ein, wie dies in der Darstellung der Schaltung ersichtlich ist. Siehe dir genau die Ähnlichkeiten zwischen der Darstellung der Schaltung und dem schematischen Schaltplan an.

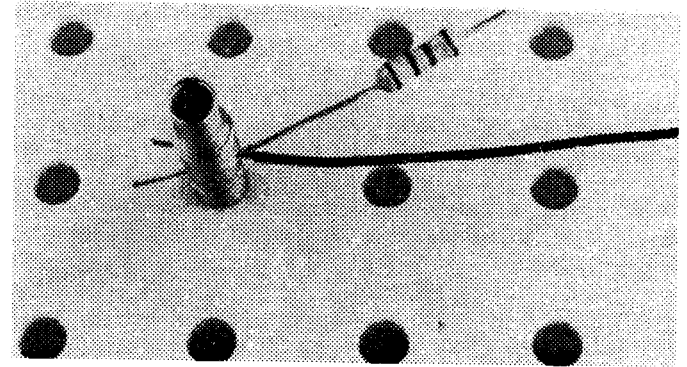


Bild v.) Einsetzen des Federklemmen in das Grundplatte

Jetzt kannst du mit dem Zusammensetzen der Schaltung beginnen. Zuerst stellst du die Federklemmen auf. Dann die Drähte, Schalter, Widerstände, Kondensatoren usw. Die Halbleiterelemente schließt du erst am Ende an. Überprüfe vor dem Anschluß der Batterie nochmal, ob du alle Elemente richtig angeschlossen hast. Gib acht, wie du die Halbleiterelemente und die elektrolytischen Kondensatoren anschließen willst!

Wenn dir kein Fehler unterlaufen ist, funktioniert die Schaltung, wenn nicht, schalte sofort die Batterie ab und versuche herauszufinden, wodurch der Fehler verursacht wurde.

Wir wünschen dir eine Menge Unterhaltung und Spaß!

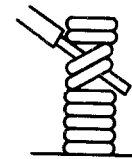


Bild z.) Einsetzen des Drahts in den Federklemmen

VERZEICHNIS DES BEIGEFÜGTEN SETSINHALTS

Nr.	Benennung des Elements	Anzahl
1	Grundplatte	1
2	Federklemmen	30
3	Glühbirne 12 V, 0.05 A	1
4	Fassung für die Glühbirne	1
5	Schalter	1
6	Anschluß für 9 V Batterie	1
7	Magnet	1
8	Relaiswicklung	1
9	Transistor BC 548	3
10	Rote Leuchtdiode	1
11	Grüne Leuchtdiode	2
12	Lautsprecher 8 Ω , 0.5 W	1
13	Diode 1 N 4004	2
14	Thermistor NTC 10 Ω	1
15	Reed-Kontakt	1
16	Feuchtigkeitssensor	1
17	Potentiometer 100 Ω	1
18	Potentiometer 10k Ω	1
19	Potentiometer 47k Ω	1
20	Widerstand 33 Ω , 0.5 W	1
21	Widerstand 56 Ω , 0.5 W	1
22	Widerstand 100 Ω , 0.5 W	1
23	Widerstand 270 Ω , 0.5 W	1
24	Widerstand 1 k Ω , 0.5 W	2
25	Widerstand 2.2 k Ω , 0.5 W	1
26	Widerstand 5.6 k Ω , 0.5 W	1
27	Widerstand 22 k Ω , 0.5 W	3
28	Widerstand 100 k Ω , 0.5 W	1
29	Keramischer Kondensator 1.5 nF	1
30	Keramischer Kondensator 10 nF	2
31	Keramischer Kondensator 47 nF	1
32	Keramischer Kondensator 100 nF	1
33	Elektrolytischer Kondensator 100 μ F/16 V	2

34	Elektrolytischer Kondensator 1000 μ F/16 V	1
35	Verbindungsdraht, Länge 55 mm	4
36	Verbindungsdraht, Länge 100 mm	6
37	Verbindungsdraht, Länge 150 mm	4

HUNDERT SCHALTUNGEN

1. DER EINFACHE ELEKTRISCHE STROMKREIS

Drehe zuerst die Glühlampe in die Fassung ein. Dann verbinde die Anschlußdrähte mit der Batterie so, wie dies auf dem Bild 1 gezeigt ist. Jetzt kannst du auch die Batterie anschließen. Der elektrische Strom fließt zuerst von dem positiven Pol der Batterie durch den Draht bis zur Glühlampe, dann noch durch den anderen Draht in den negativen Pol der Batterie. Die Glühlampe leuchtet solange, bis die Batterie leer ist oder du den Stromkreis selber unterbrichst.

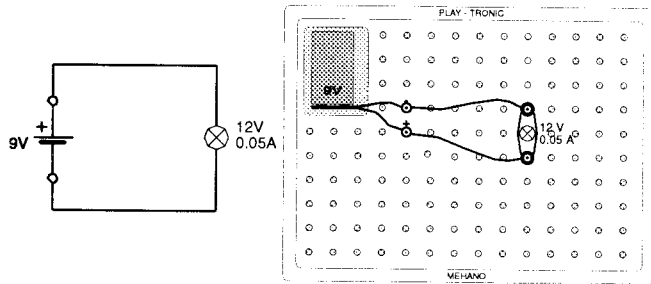


Bild 1

2. DER ELEKTRISCHE STROMKREIS MIT EINEM SCHALTER

Gib eine Federklemme dazu und bringe in dem Stromkreis noch einen Widerstand von 56Ω ein. Jetzt wird die Glühlampe nur dann leuchten, wenn du sie mit dem Schalter einschaltest.

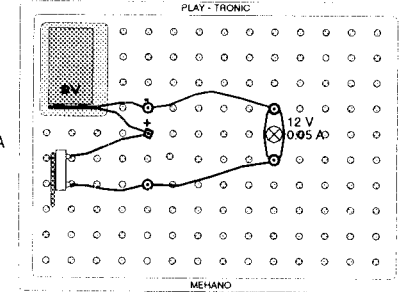
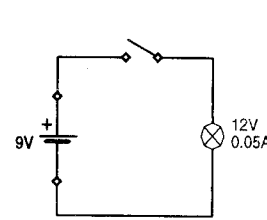


Bild 2

3. HINTEREINANDERSCHALTUNG ZWEIER ELEMENTE

Gib auf die Bestückungsplatte noch eine Federklemme. Ändere den Stromkreis so, daß du zwischen dem Schalter und der Glühlampe einen Widerstand von 56Ω einbaust. Wenn du dann auf die Schaltertaste drückst, leuchtet die Glühlampe, jedoch viel schwächer wie im vorherigen Beispiel.

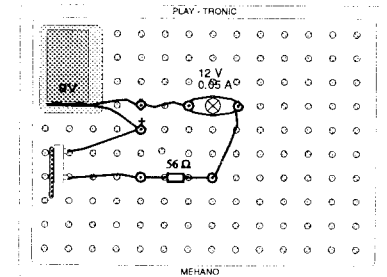
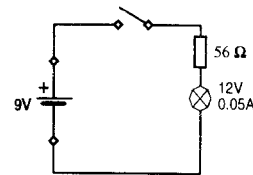


Bild 3

4. IST ES WICHTIG, WIE WIR EINEN WIDERSTAND ANSCHLIESSEN?

Drehe den Widerstand in der vorherigen Schaltung so herum, daß die beiden Anschlüsse untereinander vertauscht werden. Wenn du die Taste drückst, wird die Glühbirne genauso stark oder hell leuchten, wie im vorigen Beispiel. Wir können also feststellen, daß es in den elektrischen Schaltungen egal ist, wie herum wir den Widerstand einsetzen. Wenn du dir das Elektroschema ansiehst, siehst du, daß es das gleiche wie im vorigen Beispiel ist. Auf dem Elektroschema ist nicht extra vermerkt, wie herum der Widerstand eingesetzt werden soll. Das bedeutet, daß dies für das Funktionieren der Schaltung unbedeutend ist.

5. IST ES WICHTIG, WIE WIR EINE GLÜHBIRNE ANSCHLIESSEN?

Machen wir dazu einen Versuch, der ähnlich wie der vorhergehende ist. Vertausche die beiden Anschlüsse der Glühbirne untereinander. Du siehst, auch bei der Glühbirne

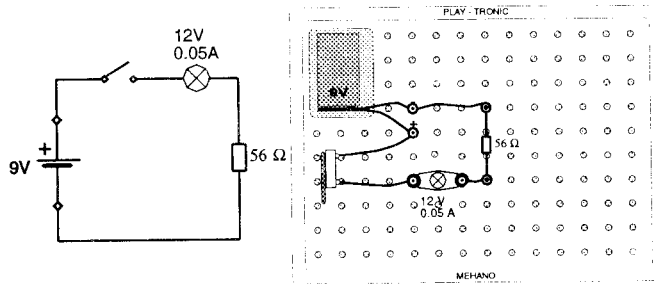


Bild 5

ist es egal, wie wir sie in der Schaltung anschließen. Auf dem Elektroschema ist nicht besonders gekennzeichnet, wie die Glühbirne gedreht sein muß, die Anschlußklemmen der Glühbirne sind aber auch nicht gesondert gekennzeichnet. Das bedeutet, daß dies für das

Funktionieren der Schaltung unbedeutend ist.

6. IST DIE REIHENFOLGE DER ELEMENTE IN DER HINTEREINANDERSCHALTUNG (REIHENSCHALTUNG) VON BEDEUTUNG?

In der Schaltung auf dem Bild 5 ist der Stromkreis aus Batterie, Schalter, Widerstand und einer Glühbirne zusammengesetzt. Jetzt vertausche untereinander zwei x-beliebige Elemente und versuche erneut die Schaltung. Wie du feststellen kannst, funktionieren sie wie im vorigen Beispiel. Ohne Rücksicht darauf, wie wir die Elemente verteilen, fließt der elektrische Strom von dem positiven Batterieanschluß der Reihe nach durch alle Elemente der Schaltung. Wenn im Stromkreis mehrere Elemente hintereinander verbunden sind, ist für das Funktionieren der Elektroschaltung die Elementenreihenfolge der Hintereinanderschaltung unbedeutend.

7. STROM DURCH EINEN WIDERSTAND

Drehe den kleinen Draht vom positiven Batterieanschluß nach oben bzw. in die Luft. Wie du gemerkt hast, leuchtet die Glühbirne nicht, weil der Stromkreis nicht geschlossen ist. Bringe jetzt den kleinen Draht in Kontakt mit der Federklemme Nr. 1 und du wirst sehen, daß die Glühbirne aufleuchtet.

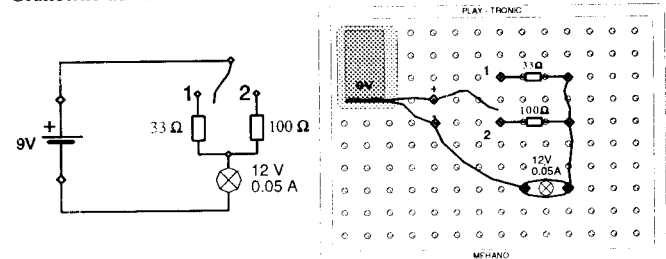


Bild 7

Jetzt bringe den kleinen Draht zur Federklemme Nr. 2 und die Glühbirne wird auch in diesem Fall aufleuchten, jedoch ein wenig schwächer.

Die Glühbirne leuchtet stärker, wenn durch sie mehr Strom fließt. An diesem Beispiel kannst du sehen, daß dann mehr Strom durch die Glühbirne fließt, wenn du den kleinen Draht mit der Klemme Nr. 1 in Berührung gebracht hast. Im ersten Beispiel floß der elektrische Strom durch den Widerstand von 33Ω , dann durch die Glühbirne und zurück in die Batterie. Im zweiten Beispiel besteht der Unterschied nur darin, daß sich jetzt im Stromkreis ein Widerstand von 100Ω befindet. Wenn es irgendwo einen Grund dafür gibt, daß im zweiten Beispiel aus der Batterie schwächerer Strom geflossen ist, kann dies nur im Wert des Widerstandes liegen. Im zweiten Beispiel ist dieser größer!

8. STROMKREIS MIT REGULIERBAREM ELEKTRISCHEN STROM

Stelle die Schaltung nach der unteren Vorlage zusammen. Schalte jetzt den Schalter ein, drehe die Achse des Potentiometers nach links und rechts. Wenn der Widerstand des Potentiometers am niedrigsten ist, leuchtet die Glühbirne stärker. Erinnerung dich an das Ohmsche Gesetz: bei gleicher Spannung ist der elektrische Strom stärker, wenn der Widerstandswert niedriger ist. Was aber stellt den Widerstand im Stromkreis dar? Das sind alle Drähte, der Widerstandswert der Glühbirne und der Widerstandswert des Potentiometers. Wenn der Schalter eingeschaltet ist, ist der Widerstandswert gleich Null. Der

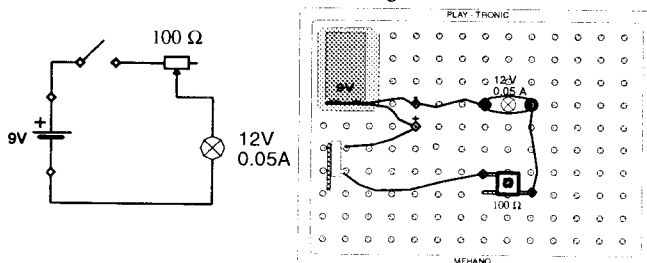


Bild 8

Widerstandswert der angeschlossenen Drähte ist im Vergleich zur Widerstandsfähigkeit des Widerstandes und der Glühbirne vernachlässigbar niedrig, deshalb werden wir sie in der Abhandlung nicht weiter berücksichtigen.

Der elektrische Strom, der durch die Glühbirne fließt, ist genauso wie der, welcher durch den Potentiometer fließt. Das Ohmsche Gesetz gilt immer, sowohl für die Glühbirne als auch für das Potentiometer. Egal ob R der Widerstandswert des gesamten Stromkreises, R_g der Widerstandswert der Glühbirne, R_p aber der Widerstandswert des Potentiometers ist.

Wenn die Spannung der Batterie U ist, dann gilt

$$U = I \cdot R,$$

weil I der Strom durch die Schaltung ist, R dagegen der Widerstandswert des gesamten Stromkreises.

Im Potentiometer ist die Spannung

$$U_p = I \cdot R_p,$$

in der Glühbirne beträgt die Spannung aber

$$U_g = I \cdot R_g.$$

Die Batteriespannung verteilt sich auf das Potentiometer und die Glühbirne. Die Batteriespannung ist gleich der Summe der Spannung im Potentiometer und der Glühbirne.

$$U = U_p + U_g$$

Wenn wir im Stromkreis mehrere Widerstände hätten, würde die Spannung in der Batterie gleich der Spannungssumme in allen Widerständen im Stromkreis sein. Nach dem Physiker Gustav Robert Kirchhoff benannte man diese Regel das Kirchhoffsche Gesetz für Spannungen bzw. das zweite Kirchhoffsche Gesetz.

Die obere Gleichung können wir auch auf andere Weise aufschreiben:

$$I \cdot R = I \cdot R_p + I \cdot R_g.$$

Wenn wir die linke und die rechte Seite der Gleichung durch I teilen, bleibt die Gleichung noch weiter gültig, nur das sie jetzt die Form

$$R = R_p + R_g$$

hat.

Also: der gesamte Widerstandswert der in Reihe geschalteten Elemente im Stromkreis ist gleich der Summe aller Widerstände, die im Stromkreis sind.

Wenn sich der Wert des Potentiometers R_p ändert, ändert sich der gesamte Widerstandswert im Stromkreis und dadurch auch der elektrische Strom im Stromkreis. Deshalb ändert sich auch die Leuchtkraft der Glühbirne.

Wenn wir uns an das Beispiel mit dem Gefäß und dem Wasser, die Hintereinanderschaltung zweier Widerstände erinnern (denn die Glühbirne können wir uns auch als ein Widerstand vorstellen), könnten wir uns auch folgendes vorstellen: aus dem oberen Gefäß fließt das Wasser durch den ersten Schlauch, aus diesem in einen zweiten Schlauch, aus dem dann das Wasser in das untere Gefäß hineinfließt. Manchmal kommt es vor, daß wir keinen Widerstand mit dem erforderlichen Widerstandswert haben. Wenn wir zwei Widerstände haben, deren Summe des Widerstandswertes der gesuchten entspricht, können wir sie hintereinanderschalten und auf diese Art in die Schaltung einbauen. Den Ersatzwiderstandswert können wir aus einer beliebigen Anzahl in Reihe (hintereinander) geschalteter Widerstände zusammensetzen. Dabei gilt, daß der gesamte Widerstandswert gleich der Widerstandswertssumme aller in Reihe geschalteten Widerstände in der Kette ist:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

R ist der Ersatzwiderstandswert aller in Reihe geschalteten Widerstände zusammen. R_1 , R_2 , R_3 .. dagegen sind die Widerstandswerte einzelner Widerstände.

Der Widerstandswert der gesamten Kette der in Reihe geschalteten Widerstände ist immer größer als der Widerstandswert des Widerstands mit dem größten Widerstandswert.

9. SPANNUNGSTEILUNG AN ZWEI IN REIHE GESCHALTETEN WIDERSTÄNDEN

In der Schaltung in Bild 9 sind zwei Widerstände in Reihe geschaltet. Der kleine Draht, der an die Federklemme Nr. 3 angeschlossen ist, soll das andere Ende in der Luft haben.

Der Gesamt-widerstandswert der in Reihe geschalteten Widerstände beträgt:

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_2 \text{ bzw.} \\ R &= 56 + 33 \text{ oder} \\ R &= 89 \Omega \end{aligned}$$

Der Gesamt-widerstandswert der hintereinandergeschalteten Widerstände ist größer als der Widerstandswert des größten Widerstands in der Reihe. Der elektrische Strom, der aus der Batterie durch die in Reihe geschalteten Widerstände fließt, ist nach dem Ohmschen Gesetz

$$U = I \cdot R.$$

Wenn wir jetzt die obere Gleichung an beiden Seiten durch R teilen, erhalten wir

$$I = U / R$$

Es folgt

$$I = 9 \text{ V} / 89 \Omega$$

Oder ungefähr

$$I = 0,1 \text{ A}$$

Rechnen wir jetzt mal die Spannung an den einzelnen Widerständen aus.
Wir verwenden wieder das Ohmsche Gesetz:

$$U = I \cdot R$$

Kennzeichnen wir nun die Spannung an den Widerständen R1 und R2 als U1 und U2. So gilt

$$U_1 = R_1 \cdot I$$

beziehungsweise

$$U_1 = 0,1 \text{ A} \cdot 56 \Omega$$

$$U_1 = 5,6 \text{ V}$$

Ähnlich gilt

$$U_2 = I \cdot R_2$$

$$U_2 = 0,1 \text{ A} \cdot 33 \Omega$$

$$U_2 = 3,3 \text{ V.}$$

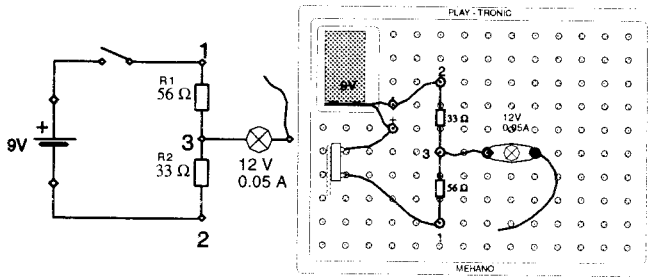


Bild 9

Die Spannung an der Batterie ist gleich der Spannungssumme an beiden Widerständen.

$$U = U_1 + U_2$$

$$U = 5,6 + 3,3$$

bzw. fast

$$U = 9 \text{ V}$$

Fehler, die bei der Ausrechnung entstehen, können wir vernachlässigen. Der Grund für die Entstehung dieser Fehler liegt darin, daß wir den Zahlenwert des elektrischen Stroms, der aus der Batterie durch den Widerstand fließt, nur annähernd aufgeschrieben haben.

Wenn wir also zwei in Reihe geschaltete Widerstände haben, wird der größere Widerstand auch einen größeren Widerstandswert haben. Überzeugen wir uns davon!

Bringe das Drahtende, das in der Luft hängt zuerst mit der Federklemme Nr. 1 und dann mit der Federklemme Nr. 2 in Kontakt. Wiederhole dies einige Male. Im ersten Beispiel wird die Glühbirne stärker leuchten, im zweiten aber schwächer. Dies ist verständlich, denn in dem ersten Widerstand ist der Anteil der gesamten Batteriespannung größer, in dem zweiten aber kleiner.

10. STROMKREIS IN DER LEUCHTDIODE

In der Schaltung haben wir ein Potentiometer mit dem Widerstandswert von 10Ω und mit ihm in Reihe geschaltet einen Widerstand von $1 \text{ k}\Omega$. Achte darauf, wie du die Leuchtdiode umgedreht hast! Nimm die rote Leuchtdiode für den Versuch.

Drehe jetzt die Achse des Potentiometers nach links und rechts. Die Leuchtkraft der Leuchtdiode wird sich ändern.

Drehe jetzt das Potentiometer so herum, daß die Diode am schwächsten leuchtet. Jetzt hast du in der Schaltung einen Widerstand von $1 \text{ k}\Omega$ und das Potentiometer mit einem Widerstandswert von $10 \text{ k}\Omega$. Der gesamte Widerstandswert der beiden ist also $11 \text{ k}\Omega$.

Nun drehe jetzt das Potentiometer so herum, daß die Diode am stärksten leuchtet. Der Gleiter des Potentiometers ist diesmal in der Stellung, daß der Gleiter und der benutzte Anschluß des Potentiometers zusammen

sind. Deshalb ist der Widerstandswert des Potentiometers am niedrigsten, gleich Null. Der gesamte Widerstandswert des Widerstandes und des Potentiometers sind lediglich 1 k Ω .

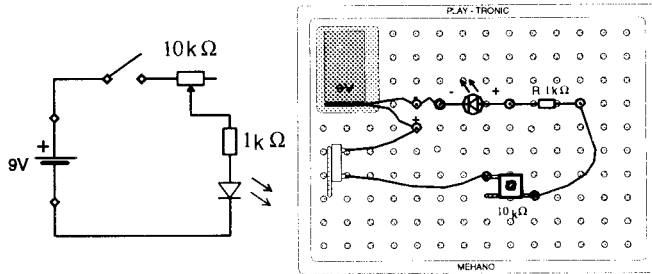


Bild 10

Was sich hier abspielt, entspricht dem Ohmschen Gesetz. Bei größerem Widerstand des Potentiometers ist der gesamte Widerstandswert aller in Reihe geschalteten Elemente (Potentiometer, Widerstände und Dioden; für den Schalter können wir annehmen, daß der Widerstandswert gleich Null ist) größer. Deshalb wird der elektrische Strom, welcher aus der Batterie fließt, schwächer sein und die Diode wird aus diesem Grunde auch schwächer leuchten.

Die Schaltung würde auch ohne den Widerstand von 1 k Ω funktionieren, jedoch müßten wir dann berücksichtigen, daß der Gleiter des Potentiometers niemals in der Stellung wäre, in der der Widerstandswert des Potentiometers gleich Null ist. Im solchen Fall würde durch die Diode ein sehr starker Strom fließen und die Folge wäre für die Leuchtdiode verhängnisvoll: sie würde ganz einfach durchbrennen. Damit du dir bei der Anwendung einer solchen Schaltung keine Sorgen machen mußt, haben wir mit Absicht in die Reihenschaltung mit dem Potentiometer noch einen Widerstand eingesetzt. Der Gesamtwiderstandswert des Widerstandes und des Potentiometers wird als niemals gleich Null sein. Die Leuchtdiode ist dadurch vor eventuell zu starkem Strom sicher.

In welcher Schaltung fließt aus der Batterie ein stärkerer Strom: in dieser oder in der mit der Glühbirne? Na klar, in der mit der Glühbirne, denn nach dem Ohmschen Gesetz wird bei der gleichen Batteriespannung wegen des kleineren Widerstands der elektrische Strom größer sein, denn es gilt

$$I = U / R$$

Wenn wir sie lange Zeit angeschaltet lassen würden, was würde länger leuchten: die Glühbirne oder die Leuchtdiode? Die Leuchtdiode natürlich.

Weil für die Glühbirne stärkerer Strom erforderlich ist, wird sich die Batterie auch schneller entleeren. Ein guter Rat: prüfe es nicht nach, eine leere Batterie hilft dir nicht mehr weiter und du müßtest dir eine neue kaufen.

11. IST ES WICHTIG, WIE WIR DIE LEUCHTDIODE ANSCHLIESSEN?

Tausche einmal die Anschlüsse der Leuchtdiode untereinander aus. Wenn du die Taste drückst, wird die Diode nicht leuchten. Warum? Erinnere dich an die Beschreibung der Diode. Durch die Diode fließt der elektrische Strom nur in eine Richtung. Wenn in der Elektroschaltung die Leuchtdiode verkehrt herum ist, kann durch sie kein elektrischer Strom fließen und deshalb kann sie auch nicht leuchten.

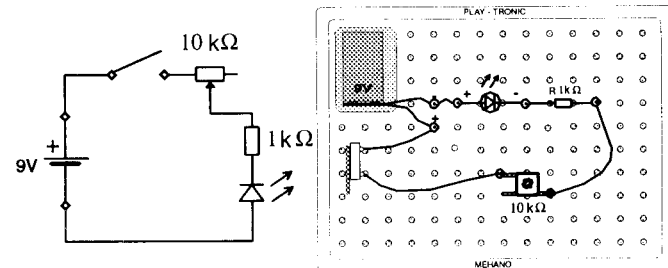


Bild 11

Im allgemeinen gilt es sich zu merken, daß es für die Halbleiterdiode sehr wichtig ist, wie wir sie anschliessen. Wenn die Leuchtdiode ist nicht richtig herum angeschlossen ist, funktioniert die Schaltung nicht, im schlimmsten Fall besteht auch die Möglichkeit, daß wegen einer solchen Unvorsichtigkeit die Diode (oder irgendein anderes Element in der Schaltung) durchbrennen kann. Deshalb paß auf, daß du vor dem Anschliessen der Schaltung mit Halbleiterdioden an die elektrische Spannung immer überprüfst, ob die Diode auch richtig herum ist.

12. SCHALTUNG MIT ZWEI UMGEKEHRT GEDREHTEN LEUCHTDIODEN

Setze in die obere Schaltung noch eine (grüne) Leuchtdiode ein. Schließe sie so in der Schaltung an, daß sie zwar parallel zur vorhandenen Diode angeschlossen ist, drehe sie jedoch in die umgekehrte Richtung. Jetzt drücke die Taste. Die rote Diode wird so wie vorher leuchten. Die grüne Leuchtdiode ist so umgedreht, daß durch sie kein Strom fließen kann und deshalb kann sie auch nicht leuchten. Jetzt vertausche die Anschlußdrähte, mit denen die Batterie an die Schaltung angeschlossen ist, untereinander. Drücke erneut die Taste. Wie du siehst leuchtet die grüne Leuchtdiode.

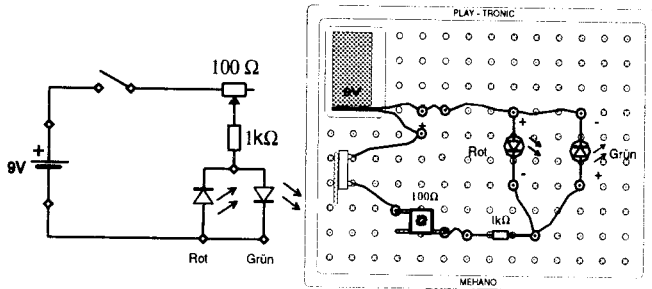


Bild 12

Weil die beiden Batterieanschlüsse untereinander vertauscht sind, fließt der elektrische Strom in die umgekehrte Richtung. Der Strom kann jetzt

durch die grüne Leuchtdiode fließen, denn die rote Leuchtdiode ist in die Sperrrichtung gedreht.

13. SCHALTUNG MIT EINER GLÜHBIRNE UND EINER LEUCHTDIODE

(1) Die Schaltung ist so hergestellt, daß der elektrische Strom durch zwei parallel geschaltete Schaltungszweige fließen kann. In einem Zweig sind die Glühbirne und eine einfache Diode hintereinandergeschaltet, in der anderen dagegen ein Widerstand und eine Leuchtdiode. Wenn du auf die Taste drückst, leuchtet die Glühbirne und die Diode.

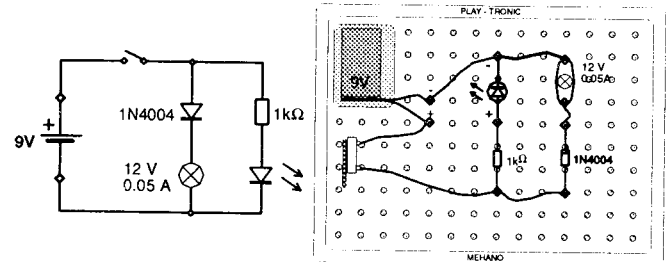
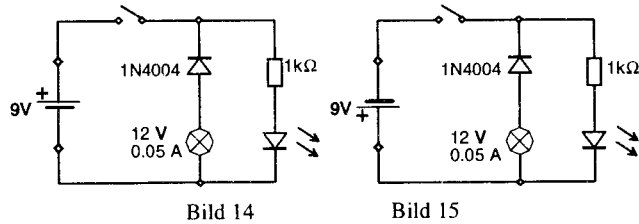


Bild 13

14. SCHALTUNG MIT EINER GLÜHBIRNE UND EINER LEUCHTDIODE

(2) Drehe jetzt die einfache Diode so, daß du die Anschlüsse dieser Diode untereinander vertauschst. Diesmal wird nur die Leuchtdiode leuchten. Dies ist verständlich, denn durch den Zweig, in welchem sich die Glühbirne befindet, fließt kein elektrischer Strom, weil durch die auf diese Weise eingesetzte Diode der Strom nicht fließen kann.



15. SCHALTUNG MIT EINER GLÜHBIRNE UND EINER LEUCHTDIODE

(3) Jetzt sind die einfache und die Leuchtdiode in umgekehrte Richtung gedreht. Vertausche die Anschlußdrähte der Batterie untereinander. Wie du siehst, leuchtet jetzt die Glühbirne, die Leuchtdiode aber nicht. Die Leuchtdiode ist in der Schaltung so umgedreht, daß durch sie kein Strom fließen und sie deshalb auch nicht leuchten kann. Es ist vom Anschluß der Batterie abhängig, ob die Glühbirne oder die Leuchtdiode leuchten wird.

16. PARALLELSCHALTUNG

In der Schaltung sind jetzt zwei Zweige: einer mit einer roten und einer mit einer grünen Leuchtdiode. Achte auf die Polarität der Leuchtdioden!

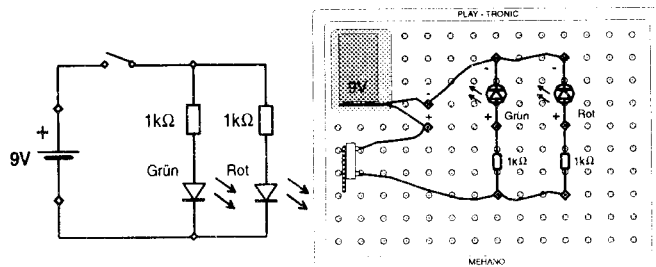


Bild 16

Wenn die Schaltung richtig zusammengesetzt ist, werden die beiden Dioden etwa gleich stark leuchten. Der elektrische Strom fließt durch den positiven Pol der Batterie und teilt sich dann in zwei Teile auf: der eine fließt durch die grüne, der andere durch die rote Leuchtdiode.

17. STROMÄNDERUNG IM ZWEIG DER PARALLELSCHALTUNG

Setze noch eine Federklemme in die Schaltung ein. Jetzt unterbreche den einen Zweig so, daß du zwischen den Widerstand von $1\text{ k}\Omega$ und die rote Leuchtdiode einen Potentiometer von $10\text{ k}\Omega$ einsetzt. Schließe die Zweige an die Batterie an. Wenn du den Widerstand drehst, verändert sich die Leuchtkraft der roten Diode, die Leuchtkraft der grünen Diode aber nicht.

Der elektrische Strom fließt vom positiven Anschluß der Batterie durch den Leiter, dann gelangt er bis zu der Stelle, wo er sich in zwei Teile teilt: ein Teil fließt durch den Widerstand und durch die grüne Leuchtdiode, der andere aber durch den Widerstand, das Potentiometer und die rote Leuchtdiode. Der Widerstandswert des Zweiges, in welchem sich das Potentiometer befindet, ist allerdings größer. Deshalb fließt durch sie ein schwächerer Strom und die Leuchtdiode leuchtet dementsprechend auch schwächer.

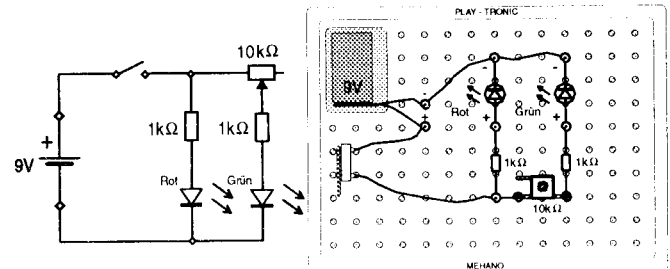


Bild 17

Bezeichne den Strom, der durch die Batterie fließt mit dem Großbuchstaben I. Und den Strom der durch den Widerstand und durch die rote Leuchtdiode fließt mit I_g , der Gesamtwiderstandswert des Zweiges soll dagegen R_g sein. Jetzt soll der Strom, der durch den Widerstand, das Potentiometer und durch die rote Leuchtdiode fließt, I_r sein, der Gesamtwiderstandswert dieses Zweiges aber R_r . Dann gilt

$$I = I_g + I_r$$

Mit anderen Worten bedeutet dies, der Strom, der aus einem Leiter in mehrere parallel geschaltete Zweige fließt, ist gleich der Summe aller Ströme in den einzelnen Zweigen. Dies ist das Kirchhoffsche Gesetz für Ströme bzw. das erste Kirchhoffsche Gesetz.

Für die gesamte Schaltung gilt

$$I = U / R,$$

wobei R der Widerstandswert der gesamten Schaltung ist. Der Strom durch die grüne Leuchtdiode ist

$$I_g = U / R_g$$

wobei R_g der Widerstandswert der gesamten Schaltung mit der grünen Leuchtdiode ist. Der Strom, der durch die rote Leuchtdiode fließt ist aber

$$I_r = U / R_r$$

wobei R_r der Widerstandswert des gesamten Zweiges, in welchem sich die rote Leuchtdiode befindet, ist.

So können wir jetzt nach dem ersten Kirchhoffschen Gesetz folgendes aufschreiben

$$I = I_g + I_r$$

beziehungsweise

$$U / R = U/R_g + U/R_r.$$

Die Batteriespannung ist gleich der Spannung in beiden Zweigen. Wenn wir die Gleichung durch U teilen, ist die Gleichung noch immer gültig, sie bekommt jedoch eine neue Form:

$$1 / R = 1/R_g + 1/R_r.$$

In Worten ausgedrückt: der Reziprozitätswert des gesamten Widerstandswerts ist gleich der Summe der Reziprozitätswerte des Widerstandswertes einzelner parallel geschalteter Zweige.

Wenn wir die rechte Seite der Gleichung auf einen gemeinsamen Nenner bringen und die Gleichung umdrehen, bekommen wir die gleiche, aber ein wenig anders aufgeschrieben:

$$R = R_g \cdot R_r / (R_g + R_r).$$

Wenn wir uns das erste Kirchhoffsche Gesetz mit den Wasserströmen veranschaulichten, würden wir uns dies so vorstellen: Aus dem oberen Gefäß leiten wir das Wasser mit einem Schlauch ab. Dieser teilt sich dann in zwei Schläuche. Durch sie würde dann das Wasser in das untere Gefäß fließen. Der Wasserstrom, der durch den einen Schlauch fließt, teilt sich durch die parallel angebrachten Schläuche in zwei Wasserströme.

Da das Wasser nirgendwo verloren gehen kann, ist auf jeden Fall die Wassermenge (bzw. der Strom), die durch den oberen Schlauch fließt, gleich der Summe der Ströme durch die zwei parallel angebrachten Schläuche.

Manchmal kann es vorkommen, daß wir keinen Widerstand mit dem erforderlichen Widerstandswert zur Verfügung haben, jedoch Widerstände haben, die mit einem größeren Widerstandswert versehen sind.

Wenn wir zwei Widerstände haben, deren Summe des reziproken Widerstandswerts der gesuchten entspricht, können wir sie parallel schalten und so in die Schaltung anschließen. Den Ersatzwiderstandswert können wir aus einer beliebigen Anzahl parallelgeschalteter Widerstände

zusammensetzen. Dabei gilt natürlich vor allem dies, daß der Reziprozitätswert des gesamten Widerstandswerts gleich der Summe des reziproken Widerstandswertes aller Widerstände in der Kette ist:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \dots$$

R ist der Ersatzwiderstandswert aller parallel geschalteten Widerstände zusammen. R₁, R₂, R₃ ... sind Widerstandswerte einzelner parallel geschaltener Widerstände.

Der Widerstandswert aller parallel geschalteten Widerstände zusammen ist immer kleiner als der Widerstandswert des Widerstandes, der den kleinsten Widerstandswert hat.

18. NOCH EIN BEISPIEL DER PARALLELEN SCHALTUNG

Die Gleichung, mit welcher wir den Gesamtwiderstandswert zweier parallel geschalteter Widerstände ausrechnen, besagt, daß der Gesamtwiderstandswert zweier parallel geschalteter Widerstände kleiner als der kleinste unter ihnen ist.

Dies werden wir bei dem unteren Beispiel schön sehen können. Ein Ende des Widerstands von 33 Ω ist nirgendwo angeschlossen, Die Widerstände von 56 Ω und 100 Ω sind parallel geschaltet. Jetzt rechnen wir ihren Gesamtwiderstandswert aus:

$$\begin{aligned} 1/R &= 1/56 + 1/100 \\ 1/R &= 0,0178 + 0,01 \\ 1/R &= 0,0278 \end{aligned}$$

Wenn wir jetzt die Gleichung mit R malnehmen, erhalten wir

$$1 = 0,0278 \cdot R$$

Teilen wir noch die Gleichung durch 0,0278, so erhalten wir

$$1/0,0278 = R$$

bzw. annähernd

$$R = 36 \Omega$$

Beobachte, wie stark die Glühlampe leuchtet. Entferne jetzt den kleinen Draht aus der Federklemme Nr. 1 und schließe sie an die Federklemme Nr. 2 an. Der Strom fließt durch den Widerstand von 33 Ω und durch die Glühlampe. Da der Widerstand von 33 Ω und die Parallelschaltung der Widerstände von 56 Ω und 100 Ω einen annähernd gleichen Wert haben, leuchtet die Glühlampe in beiden Beispielen gleich stark.

Was wir jetzt festgestellt haben, werden wir vielleicht später nützlich anwenden können. Wenn wir irgendeinen Widerstand nicht haben, kann der Widerstand mit dem gewünschten Widerstandswert durch zwei (oder mehrere) Widerstände, die parallel oder in Reihe geschaltet sind, ersetzt werde.

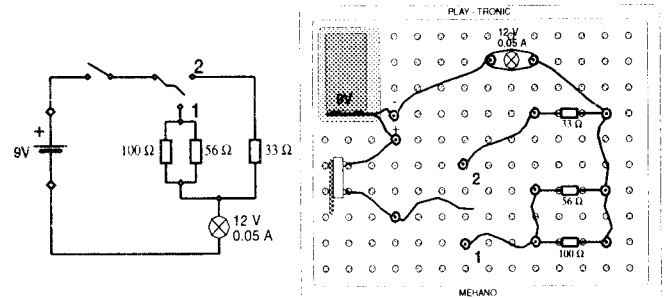


Bild 18

19. GLEICHZEITIGE LEUCHTKRAFTÄNDERUNG ZWEIER LEUCHTDIODEN

Baue die Schaltung nach der unten dargestellten Vorlage. Was geschieht, wenn du das Potentiometer drehst? Auf jenem Teil des

Potentiometers, auf welchem der Gleiter näher an dem Anschluß ist, ist der Widerstand kleiner, deshalb ist auch die Spannung niedriger. Infolgedessen leuchtet die parallel geschaltete Leuchtdiode in diesem Teil schwächer.

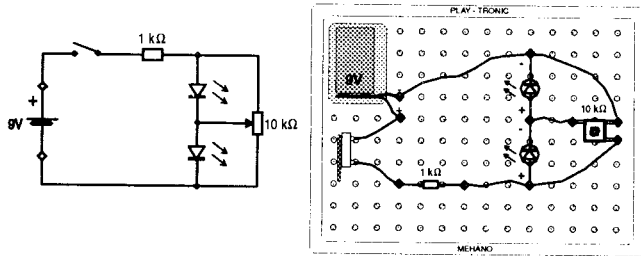


Bild 19

20. SCHALTUNG MIT IN REIHE GESCHALTETER GLÜHBIRNE UND EINER LEUCHTDIODE

Wir haben die Leuchtdiode ja schon behandelt. Wie uns schon der Name sagt, ist ihre Haupteigenschaft die, daß sie dann leuchtet, wenn der Strom in der richtigen Richtung durch sie fließt. Gerade aus diesem Grunde benutzen wir sie auch: wenn durch die Leuchtdiode der Strom in die richtige Richtung fließt, leuchtet sie auf.

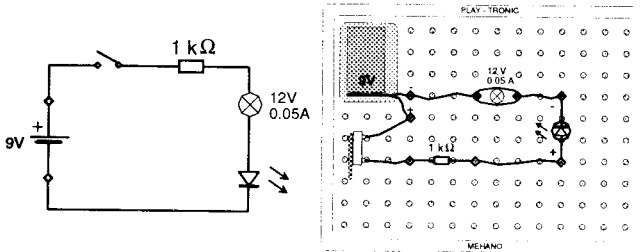


Bild 20

Der Strom, der erforderlich ist, die Diode aufleuchten zu lassen, ist sehr schwach, einige Milliampere. Dieser Strom ist viel schwächer als jener, der erforderlich ist, um eine Glühbirne zum Leuchten zu bringen.

Deshalb leuchtet die Glühbirne stärker. Wenn wir durch die Leuchtdiode einen so starken Strom durchlassen würden, wie durch die Glühbirne, würde die Leuchtdiode durchbrennen. Deshalb wirst du in allen unseren Schaltungen sehen können, daß hinter der Leuchtdiode immer ein Widerstand eingebaut ist, der den Strom, der durch sie hindurchfließt, abgrenzt.

Die Schaltung dargestellt auf dem Bild 20 wird uns zeigen, daß der Strom, der erforderlich ist um die Diode zum Leuchten zu bringen, zu schwach ist, die Glühbirne leuchten zu lassen.

Die Leuchtdiode darfst du nicht direkt an die Batterie (ohne den hintereinandergeschalteten Widerstands von 1 kΩ) anschließen! Wenn du dies trotzdem tust, wird die Diode sofort durchbrennen!

21. DER KONDENSATOR ALS QUELLE DER ELEKTRISCHEN ENERGIE

Stelle die Schaltung so her, wie sie im unteren Bild dargestellt ist. Der positive Anschluß soll in der Luft sein. Drücke nun die Taste! Wird die Leuchtdiode aufleuchten? Natürlich nicht, da von nirgendwoher elektrische Energie kommt. Lasse jetzt die Taste los.

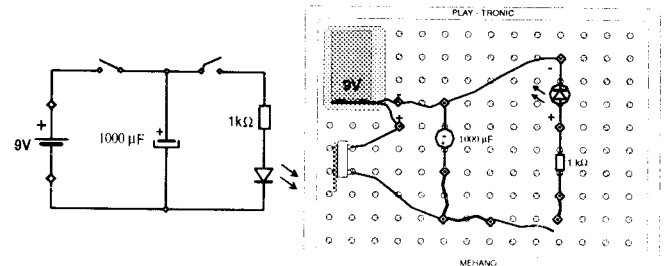


Bild 21

Jetzt bringst du den Anschlußdraht des positiven Pols des Batterieanschlusses in Kontakt mit dem positiven Anschluß des elektrolytischen Kondensators.

Im elektrolytischen Kondensator war keine elektrische Energie vorhanden bzw. er war leer. Als wir die Batterie an ihm angeschlossen haben, floß der Strom ruckartig in den Kondensator hinein. Der Kondensator ist jetzt aufgefüllt und wir können ihn als Energiequelle nutzen.

Der Anschlußdraht, der aus dem positiven Batterieanschluß herausgeht, soll jetzt wieder frei sein. Nun betätige die Taste. Obwohl die Batterie nicht angeschlossen ist, leuchtet die Leuchtdiode! Weil die Energie, die im Kondensator gespeichert ist sehr gering ist, wird die Leuchtdiode sehr bald aufhören zu leuchten. Wenn du die Leuchtdiode beobachtest, siehst du sehr schön, wie diese immer weniger leuchtet, bis sie erlischt. Der elektrische Strom fließt aus dem Kondensator in die Leuchtdiode. Dazu sagen wir, daß sich der elektrolytische Kondensator langsam entleert.

22. WIE SCHNELL ENTLEREET SICH EIN KONDENSATOR?

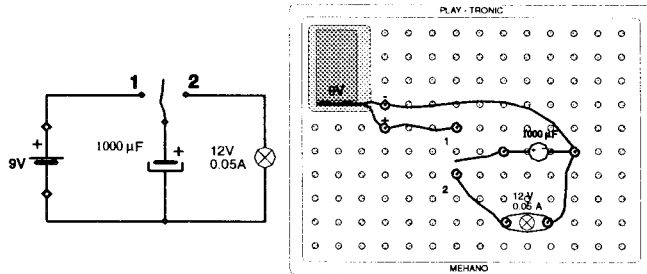


Bild 22

An Stelle der Leuchtdiode und des hintereinandergeschalteten Widerstands sollst du nun in die Schaltung eine Glühlampe einsetzen. In diesem Fall wird die Glühlampe nur einen Augenblick leuchten.

Wir stellten schon vorher fest, daß die Glühlampe für ihr Funktionieren

mehr Strom als die Leuchtdiode benötigt. Dies bedeutet, daß die Glühlampe einen niedrigeren Widerstand hat. Wenn aus dem Kondensator mehr Strom herausfließt, wird er verständlicherweise früher leer, deshalb leuchtet die Glühlampe eine kürzere Zeit als die Leuchtdiode.

23. EINEN KONDENSATOR KÖNNEN WIR WIEDERHOLT AUFFÜLLEN UND ENTLEREEN

Ändere die Schaltung ein wenig. Der kleine Draht an der Klemme, an welchem auch die Klemme der Glühlampe befestigt ist, soll das andere Ende in der Luft bzw. frei haben.

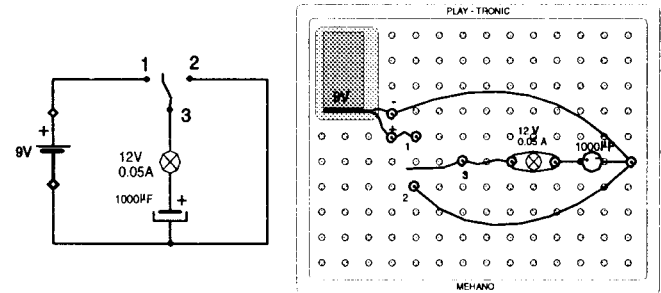


Bild 23

Mit diesem Drahtende berühre jetzt einmal die Federklemme Nr. 1, dann die Federklemme Nr. 2. Beobachte was sich abspielt!

Wenn du mit dem Draht die Klemme Nr. 1 berührst, so füllt sich der Kondensator auf. Der Strom der aus der Batterie in den elektrolytischen Kondensator hineinfließt, fließt auch durch die Glühlampe. Wenn der Kondensator leer ist, ist der Stromfluß groß und deshalb leuchtet die Glühlampe. Wenn der Kondensator voll aufgeladen ist, wird der Strom nicht fließen und die Glühlampe nicht leuchten.

Wenn du mit dem kleinen Draht die Klemme Nr. 2 berührst, fließt der

elektrische Strom vom positiven Kondensatoranschluß durch die Glühlampe und in den negativen Anschluß. Am Anfang ist der Kondensator voll und der Strom ist deshalb groß. Wenn sich der Kondensator leeren wird, wird auch der Strom schwächer und schwächer und die Glühlampe leuchtet schwächer und schwächer, bis sie erlischt.

24. DURCH EINEN KONDENSATOR KANN AUCH EIN WECHSELSTROM FLIEßEN

Wenn wir den Kondensator mit dem elektrischen Strom aufladen, fließt der Strom in den Kondensator hinein, wenn wir ihn aber leeren, fließt der Strom aus ihm heraus. Das bedeutet, daß beim Aufladen und beim Entleeren des Kondensators der Strom in verschiedene Richtungen fließt. Davon können wir uns leicht überzeugen, wenn wir eine Schaltung aus zwei, umgekehrt gedrehten und parallel geschalteten Leuchtdioden anfertigen.

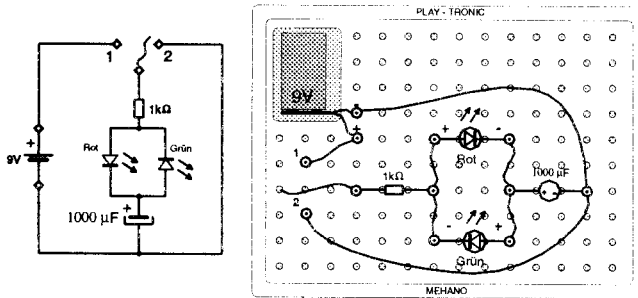


Bild 24

Der kleine Draht, der an die Klemme Nr. 3 angeschlossen ist, soll das andere Ende in der Luft haben. Mit dem anderen Ende dieses Drahts berühre die Klemme 1, dann die Klemme 2. Wiederhole dies einige Male und beobachte was geschieht.

Wie du schon weißt, fließt durch die Leuchtdiode der elektrische Strom nur in eine Richtung. So wird auch beim Aufladen des elektrolytischen

Kondensators der elektrische Strom durch die rote Leuchtdiode fließen, beim Entleeren dagegen durch die grüne Diode. Deshalb leuchtet beim Aufladen des Kondensators die rote, beim Entleeren aber die grüne Leuchtdiode.

Wir stellten schon fest, daß im aufgefüllten Kondensator kein elektrischer Strom mehr fließt. Deshalb können wir sagen, daß der Kondensator eine Sperre für den Gleichstrom ist.

Beim Aufladen und Entleeren des Kondensators fließt der Strom einmal in den Kondensator, dann aber aus ihm heraus. Wenn durch irgendein Element der Strom einmal in die eine, dann aber in die umgekehrte Richtung, sagen wir, daß durch dieses Element Wechselstrom fließt. Dieser Versuch zeigte uns, daß durch den Kondensator Wechselstrom fließen kann.

Bau anstelle des Kondensators von 1000 µF einen Kondensator von 100 µF in die Schaltung ein. Die Leuchtdiode wird jetzt eine viel kürzere Zeit leuchten. In einen Kondensator, der eine niedrigere Kapazität hat, fließt weniger Strom hinein und deshalb wird die Leuchtdiode auch eine viel kürzere Zeit leuchten.

25. PARALLELSCHALTUNG DER KONDENSATOREN

In dieser Schaltung befinden sich zwei parallel geschaltete Kondensatoren, die eine Kapazität von 100 µF haben. Wie verhalten sich zwei parallel geschalteten Kondensatoren?

Erinnern wir uns, im was für einem Verhältnis die Elektrizität steht, die sich im Kondensator befindet und an die Spannung an den Klemmen des Kondensators:

$$C = Q / U.$$

Im aufgeladenem Kondensator, der die Kapazität C hat und an den Klemmen die Spannung U ist die Elektrizität dann

$$Q = C \cdot U.$$

Wenn wir zwei parallel angeschlossene Kondensatoren haben, wird die

Elektrizität, die in dem gemeinsamen Draht bis zu ihnen floß, in beide geteilt:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

wo Q_1 und Q_2 Elektrizität im ersten und im zweiten Kondensator ist. Wenn die Kapazitäten der Kondensatoren C_1 und C_2 sind, die Gesamtkapazität der beiden Kondensatoren aber C , können wir die obere Gleichung auch so aufschreiben:

$$C \cdot U = C_1 \cdot U_1 + C_2 \cdot U_2$$

Die Spannung an den Klemmen der beiden Kondensatoren ist gleich

$$U_1 = U_2 = U.$$

Deshalb können wir die obere Gleichung auch so aufschreiben:

$$C \cdot U = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U.$$

Wenn wir jetzt die linke und die rechte Seite der Gleichung durch U teilen, bekommen wir die Formel für die Gesamtkapazität beider parallel geschalteter Kondensatoren.

$$C = C_1 + C_2$$

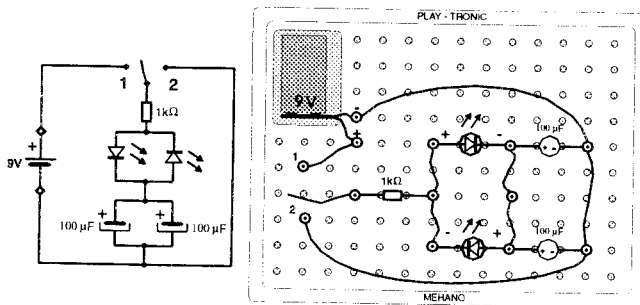


Bild 25

In unserem Beispiel beträgt die Gesamtkapazität der Kondensatoren $200 \mu\text{F}$. Das zeigt sich auch dadurch, daß die Leuchtdiode länger leuchtet als bei dem Versuch, als sich in der Schaltung nur ein Kondensator mit einer Kapazität von $100 \mu\text{F}$ befand.

So wie wir den gesuchten Widerstandswert mit zwei oder mehreren hintereinandergeschalteten Widerständen vertauschen können, so können wir auch die gesuchte Kapazität durch zwei oder mehrere parallel geschaltete Kondensatoren ersetzen.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \dots$$

C ist die Ersatzkapazität aller parallel geschalteten Kondensatoren zusammen. $C_1, C_2, C_3 \dots$ sind die Widerstandswerte der einzelnen parallel geschalteten Kondensatoren.

Die Kapazität aller parallel geschalteten Kondensatoren zusammen ist immer größer als die Kapazität des Kondensators mit der niedrigsten Kapazität.

26. HINTEREINANDERSCHALTUNG DER KONDENSATOREN

Ändere die obere Schaltung so, daß die beiden Kondensatoren hintereinandergeschaltet sind. Wenn du versuchst, den kleinen Draht beim ersten Mal mit der Klemme Nr. 1 in Kontakt zu bringen, beim zweiten Mal aber auf die Klemme 2, wirst du sehen, daß die Leuchtdiode viel weniger Zeit leuchtet als im ersten Beispiel. Das bedeutet, daß die Ersatzkapazität der hintereinandergeschalteten Kondensatoren viel niedriger als bei parallel geschalteten Kondensatoren ist.

Wenn der elektrische Strom in die Kondensatoren hineinfließt, dann laden sie sich auf. Die Spannung an den äußeren Anschlüssen der beiden Kondensatoren wird sich auf beide verteilen:

$$U = U_1 + U_2.$$

Wenn die Ersatzkapazität der beiden hintereinandergeschalteten

Kondensatoren

$$C = Q / U$$

und die Spannung an den Klemmen dieses Kondensators

$$U = Q / C$$

ist, dann können wir die obere Gleichung so aufschreiben:

$$Q / C = Q_1 / C_1 + Q_2 / C_2,$$

wobei Q_1 und Q_2 die Elektrizität im ersten bzw. im zweiten Kondensator sind, C_1 und C_2 aber die Kapazität des ersten und des zweiten Kondensators. Die Elektrizität, die in den ersten Kondensator einfließt, ist gleich jener, die aus dem zweiten herausfließt. Das ist verständlich, weil an dem Verbindungspunkt zwischen den beiden Kondensatoren kein Draht angebracht ist, auf welchem der Strom zu- oder abfließen könnte. Deshalb gilt

$$Q = Q_1 = Q_2.$$

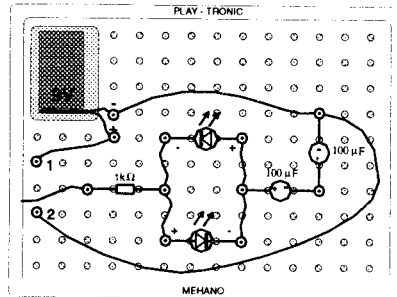
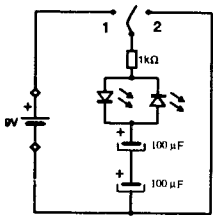


Bild 26

Wenn wir die Gleichung in der linken und rechten Seite durch Q teilen, erhalten wir die Formel:

$$1 / C = 1 / C_1 + 1 / C_2,$$

die uns sagt, daß der Reziprozitätswert der Ersatzkapazität der hintereinandergeschalteten Kondensatoren gleich der Summe der Reziprozitätswerte der hintereinandergeschalteten Kondensatoren ist.

So führten wir es auch bei den parallel geschalteten Widerständen durch, wir können auch hier die obere Gleichung auf eine andere Weise aufschreiben. Die linke Seite bringen wir auf einen gemeinsamen Nenner und dann drehen wir die Gleichung um. Wir bekommen die Formel:

$$C = C_1 \cdot C_2 / (C_1 + C_2).$$

In unserem Beispiel hatten wir zwei hintereinandergeschaltete Kondensatoren von je $100 \mu\text{F}$. Ihre Gesamtkapazität beträgt $50 \mu\text{F}$.

So wie wir der gesuchte Widerstandswert mit zwei oder mehreren parallel geschalteten Widerständen vertauschen können, so können wir auch die gesuchte Kapazität durch die Kapazität von zwei oder mehr hintereinandergeschalteten Kondensatoren ersetzen.

$$1 / C = 1 / C_1 + 1 / C_2 + 1 / C_3 \dots$$

C ist die Ersatzkapazität aller in Reihe geschalteten Kondensatoren zusammen. $C_1, C_2, C_3 \dots$ sind die Kapazitäten der einzelnen in Reihe geschalteten Kondensatoren.

Die Kapazität aller in Reihe geschalteten Kondensatoren zusammen ist immer kleiner als die Kondensatorkapazität mit der kleinsten Kapazität.

27. ELEKTROMAGNET

Wenn wir den elektrischen Strom durch eine Drahtwicklung lassen, so verhält sich diese wie ein Magnet. Das können wir auf eine sehr einfache Weise zeigen.

Stelle einen sehr einfachen Stromkreis her, in welchem die Batterie, der

Schalter und die Spule hintereinander geschaltet sind. Wenn du den Schalter betätigst, wird der Strom durch die Spule fließen. Scheinbar passiert nichts. Schalte jetzt den elektrischen Strom ab. Setze einen kleinen Nagel so in die Spulenöffnung ein, daß er teilweise noch aus der Spule herausragt. Jetzt drücke die Taste. Das Nägelchen wird ruckartig in das Innere der Spule hineingezogen und wird auch drinnen bleiben. Noch ein Experiment: Befestige einen Magneten an einem Faden und halte ihn so, daß er über der Spule hängt. Drücke erneut die Taste! Der Magnet dreht und stellt sich so auf, daß er längsseits der Spulenachse, durch die der Strom fließt, liegen wird. Merke dir wie der Magnet vor einem Augenblick gestanden ist. Jetzt vertausche die Anschlußdrähte der Spule untereinander. Und drücke noch einmal auf die Taste. Die Spule wird sich auch jetzt wie der Magnet benehmen, nur daß sich der Magnet, der an dem Faden hängt, in umgekehrter Richtung drehen wird. Wenn wir die Stromrichtung durch die Spule vertauschen, verhält sich die Spule wie der Magnet, den du umgedreht hast.

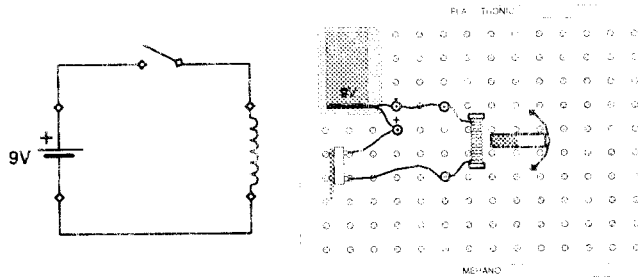


Bild 27

Entsprechend würden sich auch der kleine Nagel und der Magnet verhalten, wenn wir sie in die Nähe eines anderen Magneten aufstellten. Unser Experiment zeigt, daß sich eine Spule, durch die elektrischer Strom fließt, so wie ein Magnet verhält. Einen solchen Magnet, der aus einer Spule, durch die Strom fließt, hergestellt ist, nennen wir

Elektromagnet.

28. HERMETISCHER KONTAKTER

Stelle zwei Federklemmen so auf ein Stück Papier, daß sie nur ein wenig auseinander stehen. Jetzt hebe mit der einen Hand das Stück Papier etwas an und stelle mit der anderen den Magneten senkrecht zum Papier. Die beiden Klemmen magnetisieren sich und jede wird sich so wie ein Magnet verhalten. Sie ziehen sich gegenseitig an oder stoßen sich ab. Die Federklemmen werden sich so aufstellen, daß sie sich gegenseitig anziehen.

Stelle dir vor, daß wir an jeder Federklemme einen elektrischen Draht anbringen und daß die zusammengebrachten Federklemmen einen Stromkreis bilden. In unserem Beispiel wird der Stromkreis dann geschlossen, wenn wir den Klemmen, die auf dem Papier zwar etwas auseinander liegen, mit einem Magneten nähern.

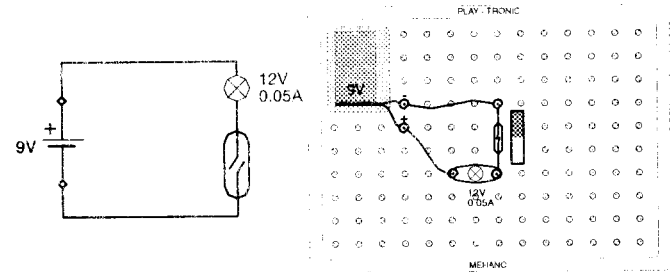


Bild 28

Auf eine ähnliche Art funktioniert der hermetische Kontakt. Die Fachleute nennen ihn auch den Reed-Kontakt. In einem Glasröhrchen sind zwei dünne elastische Metallplatten so eingeschmolzen, daß sie ein wenig Abstand haben. Wenn wir die kleinen Platten magnetisieren, so zieht die eine die andere an, und so entsteht zwischen ihnen ein elektrischer Kontakt. Wenn die Plättchen nicht magnetisiert sind, springen sie

wegen ihrer Elastizität wieder auseinander.

Wie können wir die Plättchen magnetisieren? Wenn wir dies mit einem Magneten tun, erhalten wir einen Schalter, denn wir ein- oder ausschalten können, indem wir den Magneten nähern oder entfernen. Ein solches Beispiel ist auf dem Bild 28 dargestellt. Wenn wir den Magneten dem hermetischen Kontakt annähern, magnetisieren sich die beiden Zungen und durch die Glühbirne fließt elektrischer Strom. Die Glühbirne leuchtet.

29. RELAIS

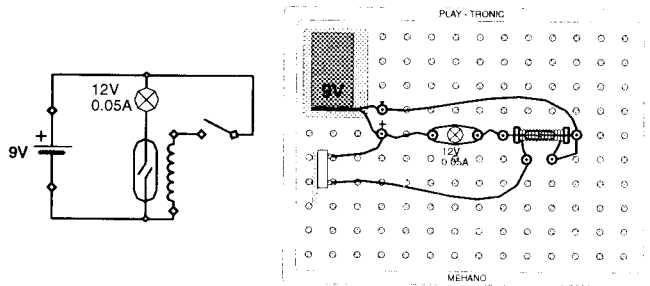


Bild 29

Vor dem Magneten können wir ein Stück Eisen aufstellen, welches, wenn es von dem Elektromagneten angezogen wird, den Elektroschalter einschaltet. Einen solchen Elektromagnetschalter nennen wir Relais. Für die Magnetisierung der Kontakte des hermetischen Kontaktors können wir auch einen Elektromagneten benutzen. Auch dies wird ein Relais sein. Aus einer Spule und einem hermetischen Kontaktor kannst du selber ein Relais herstellen. Dieses Relais wird von den Fachleuten oft als Reed-Relais bezeichnet. Setze in den Spulenkörper einen hermetischen Kontaktor ein. Der Spulenkörper soll der Schalter sein, der die Glühbirne einschaltet. Den Strom, der durch die Spule fließen sollte, kannst du mit der Taste einschalten. Wenn die Taste gedrückt ist, werden sich wegen der Wirkung des Elektromagnets die eisernen Zungen im Reed-Kontaktor gegenseitig anziehen.

Deswegen wird zwischen ihnen eine elektrische Verbindung entstehen und so wird auch noch der Stromkreis durch die Glühbirne geschlossen. Die Glühbirne wird leuchten.

30. LAUTSPRECHER

Wie verbreitet sich der Schall durch die Luft? Die Schallwellen verbreiten sich in der Form von Abtrieben und Verdünnungen in der Luft, die sich der Richtung des verbreiteten Schalls anschließen. Wie können wir selber eine Schallwelle auslösen? Zu diesem Zweck brauchen wir einen vor- und rückwärts schwingenden Gegenstand, der so die Abtriebe und Verdünnungen in der Luft verursacht wird. Wenn du auf ein Fensterglas klopfst, so bringst du es durch das Klopfen in Schwingung. Wegen der Schwingungen des Glases entstehen an ihm Abtriebe und Verdünnungen, die sich dann im Raum verbreiten. Weil dies an beiden Seiten des Fensterglases geschieht, hören wir das Klopfen auch an beiden Seiten des Fensters.

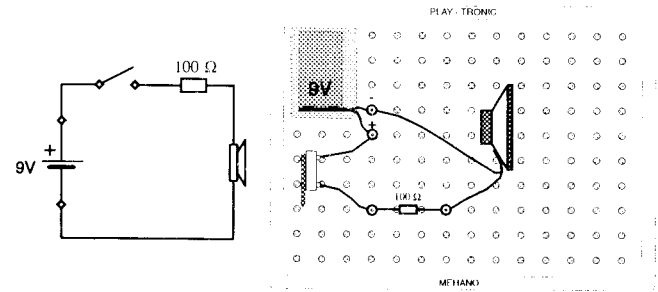


Bild 30

In der Elektrotechnik verwenden wir Lautsprecher für die Erzeugung von Schallwellen. Was ist eigentlich ein Lautsprecher? Erinnere dich an den Versuch mit der Spule und dem Magneten. Wir stellten fest, daß sich eine Spule, durch die elektrischer Strom fließt, wie ein Magnet verhält. Beim Lautsprecher sitzt auf dem Gehäuse ein Magnet. Im Magnetschlitz ist eine kleine Spule eingesetzt, die auf einer

Papiermembrane befestigt ist. Wenn Strom durch die kleine Spule fließt, wird diese dadurch in den Magnetschlitz eingezogen oder aber von ihr abgestoßen. Dadurch wird die Membrane des Lautsprechers nach vorn oder nach hinten in Bewegung gebracht. Wenn dies hintereinander und schnell genug geschieht, hören wir einen Ton.

In dieser Schaltung ist in Reihe mit dem Lautsprecher ein Widerstand von $100\ \Omega$ angeschlossen. Wenn dieser nicht vorhanden wäre, könnte die zarte Spule im Lautsprecher durchbrennen. Drücke die Taste und du wirst einen kleinen Knall wahrnehmen. Wiederhole dies einige Male und beobachte dabei die Membrane. Du wirst sehen, daß sich die Membrane nach innen und außen bewegt. Stelle dir jetzt vor, daß, wenn du die Taste drückst, die Membrane in das Innere des Lautsprechers rückt. Vertausche die beiden Anschlußklemmen des Lautsprechers untereinander. Jetzt wird beim Tastendruck die Membrane aus dem Lautsprecher gedrückt. Sei bei diesem Versuch vorsichtig, weil diese Verschiebungen sehr klein sind, nur einige Teile eines Millimeters. Warum springt die Membrane manchmal nach innen, manchmal aber nach außen? Wir haben bis jetzt festgestellt, daß sich die Spule, durch die der elektrische Strom durchfließt, wie ein Magnet verhält. Ebenso, daß der Magnet ausgeprägte Pole hat. Wir wissen aber auch, daß sich zwei gleiche Pole untereinander abstoßen, verschiedene aber anziehen. Wenn wir die Richtung des Stroms durch die Spule ändern, so wird sich auch die Polarität der beiden Pole vertauschen. Deshalb springt die Membrane einmal in das Innere des Lautsprechers (dann, wenn sich die kleine Spule und der Magnet anziehen) und einmal nach außen (dann, wenn sich die kleine Spule und der Magnet abstoßen).

Also wenn wir aus dem Lautsprecher einen Ton hören wollen, muß durch seine kleine Spule ein Strom von veränderlicher Stärke fließen. In diesem Fall wird sich die Membrane nach vorn und nach hinten bewegen und wir hören einen Ton.

31. LERNEN WIR DEN TRANSISTOR KENNEN

Hast du die Beschreibung, wie ein Transistor funktioniert, durchgelesen? Wenn ja, dann wirst du mit der unten dargestellten Schaltung keine Schwierigkeiten haben.

In der Schaltung sind eine Glühlampe und ein Transistor hintereinan-

dergeschaltet. Gib darauf acht, wie auf dem Transistor die Anschlußkontakte angeordnet sind! Beim Anschließen des Transistors in die Schaltung darfst du die einzelnen Anschlüsse nicht untereinander vertauschen! Wenn du das trotzdem tust, wird die Schaltung nicht funktionieren, im schlimmsten Fall kann es passieren, daß der Transistor zerstört wird.

In deinem Set, das du vor dir liegen hast, befindet sich der Transistor BC 548. Wenn du ihn so in die Hand nimmst, daß die kleinen Anschlußdrähte nach unten zeigen, die gerade Fläche des plastischen Gehäuses, auf der die Bezeichnung des Transistors aufgeschrieben ist, aber zu dir hin, dann ist der linke Anschluß der Stromwender (Kollektor), der mittlere die Basis, der rechte aber der Emitter.

Nicht alle Transistoren haben die gleiche Anordnung der Anschlußkontakte. Eine solche Anordnung der Kontakte, wie sie in unserem Beispiel ist, kommt sehr häufig vor, sie ist aber nicht die Regel. Die Anordnung der Anschlußkontakte ist vom Hersteller und dem Modell des Transistors abhängig. Wenn du einen Transistor zur Verfügung hast und du kennst die Anordnung der Anschlußkontakte nicht, mußt du immer seine Beschreibung im Handbuch auffinden. Wenn du diese Beschreibung nicht finden kannst, versuche selber die Anordnung der Anschlußdrähte festzustellen. Wie zu diesem Vorgang durchführen kannst, ist später in diesem Buch beschrieben.

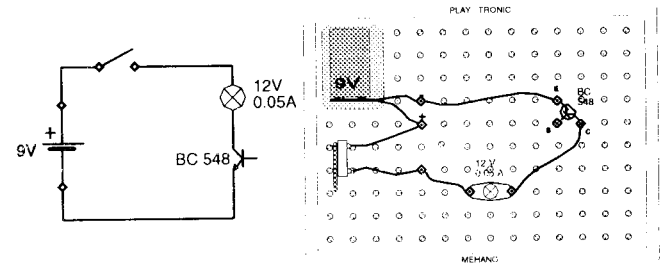


Bild 31

Kehren wir zur unseren Schaltung zurück. Wird die Glühbirne leuchten? Natürlich nicht. Der Basisanschluß des Transistors ist nirgendwo angeschlossen, deshalb fließt in die Basis kein elektrischer Strom: der Transistor ist geschlossen: Wir können sagen, daß beim geschlossenen Transistor der Widerstandswert zwischen dem Emitter und dem Kollektor sehr groß ist.

32. WAS PASSIERT, WENN WIR DEN TRANSISTOR VERKEHRT HERUM DREHEN?

Ändere die obere Schaltung. schließe den Transistor so an, daß der Emitter und der Kollektor untereinander die Plätze tauschen. Wenn du aufmerksam beobachtest, wirst du sehen können, daß der Glühfaden in der Glühbirne ein wenig glimmt. Weil der Transistor keinen Emitter an den negativen, den Kollektor aber an der positiven Spannung angeschlossen hat, verhält er sich nicht so, wie er müßte.

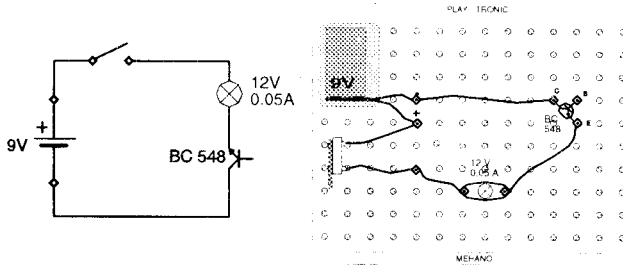


Bild 32

33. TRANSISTOR ALS SCHALTER

Schließe an die markierte Stelle des Widerstandes den kleinen Draht an, dessen Ende frei sein soll. Wie du sehen kannst, leuchtet die Glühbirne nicht. Warum nicht?

In die Basis des Transistors fließt kein elektrischer Strom, deshalb ist der

Transistor geschlossen! Was müssen wir jetzt unternehmen, damit der Strom durch den Transistor geleitet wird? Wir müssen die Schaltung so bauen, daß ein schwächerer Strom in die Basis fließt. Schließe deshalb das freie Ende des Drahts an die Klemme an, an welcher der positive Pol der Batterie angeschlossen ist. Der Strom wird durch den Widerstand in die Basis fließen und der Transistor öffnet sich, die Glühbirne leuchtet jetzt. In dieser Schaltung verwendeten wir den Transistor als Schalter. Den Schalter steuern wir mit dem Strom in der Basis: wenn der Strom in die Basis fließt, ist der Transistor geöffnet und durch ihn fließt der elektrische Strom, die Glühbirne leuchtet. Wenn in die Basis des Transistors kein elektrischer Strom fließt, ist der Transistor gesperrt, durch ihn fließt kein Strom und deshalb leuchtet auch die Glühbirne nicht. Mit einem Wort, den Transistorschalter steuern wir mit dem Strom, der in die Basis fließt. Dieser Strom ist niedriger als der Strom, der durch den Transistor fließt, deshalb ist ein solcher Schalter sehr wirksam.

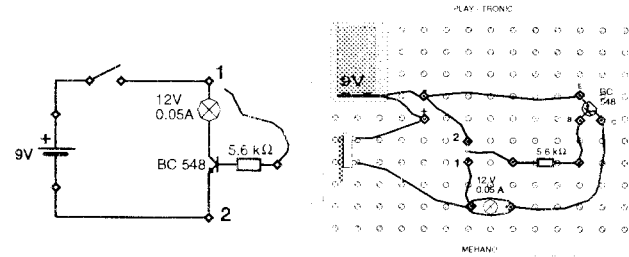


Bild 33

Was wird passieren, wenn wir den Draht anstatt an den positiven, an den negativen Batterieanschluß anschließen? Denk mal darüber nach und probiere es dann aus! Natürlich, die Glühbirne wird nicht leuchten, weil durch die Basis kein Strom fließt, deshalb ist der Transistor geschlossen. Der geöffnete Transistor stellt einen sehr sehr kleinen Widerstandswert dar. Dann wird zwischen der Kollektor- und der Emitterklemme eine sehr niedrige Spannung vorhanden sein, höchstens ein Zehntel eines Volts.

Deshalb darf der geöffnete Transistor niemals direkt zwischen dem positiven und dem negativen Batterieanschluß angeschlossen sein, weil durch ihn ein starker Strom, der ihn beschädigen könnte, fließt.

34. VERKEHRT GEDREHTER TRANSISTOR

Jetzt schließe den Transistor so an, daß er verkehrt angeschlossen ist. Vertausche den Emitter- und Kollektoranschluß untereinander.

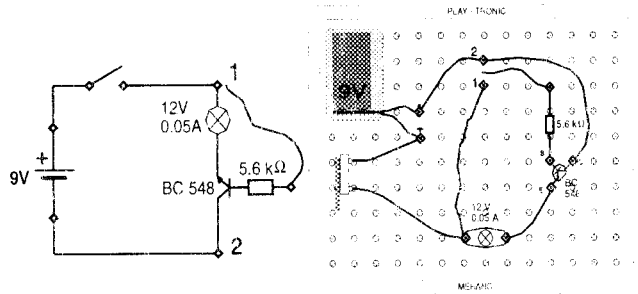


Bild 34

Wenn das freie Ende des Drahts in der Luft ist, flimmert die Glühlampe sehr schwach. Wenn du aber mit dem freien Ende des Drahts den positiven Batterieanschluß berührst, wird der Faden in der Glühlampe ein wenig stärker aufglühen, jedoch wird die Glühlampe noch immer nicht mit voller Kraft leuchten. Ein so angeschlossener Transistor kann nicht richtig funktionieren!

Also, wenn wir die Eigenschaften des Transistors BC 548 nutzen möchten, muß der Kollektor immer an die positive, der Emitter aber an die negative Spannung angeschlossen sein. Damit der Transistor geöffnet ist, muß in die Basis ein schwacher Strom fließen.

Transistoren, die den Emitter an die negative, den Kollektor aber an die positive Spannung angeschlossen haben, sind sogenannte NPN-

Transistoren. Ein solcher ist auch der Transistor BC 548. Es gibt aber auch Transistoren, die in die Schaltung so angeschlossen werden müssen, daß der Emitter an die positive, der Kollektor aber an die negative Spannung angeschlossen ist. Das sind sogenannte PNP-Transistoren. In diesem Set gibt es einen solchen Transistor nicht.

35. WIE VERHÄLT SICH DER TRANSISTOR, WENN WIR NUR DIE BASIS UND DEN EMITTER BEOBACHTEN?

Damit eine Glühlampe leuchtet, braucht sie eine größere Menge elektrischen Strom als eine Diode. Wenn aus der Batterie stärkerer Strom fließt, ist sie schneller leer. Deshalb kannst du für die Beobachtung, wie der Transistor funktioniert, eine Leuchtdiode verwenden. Das kannst du bei allen Versuchen mit einer Glühlampe machen. Dabei darfst du aber nicht vergessen, daß eine verkehrtherum gedrehte Leuchtdiode nicht leuchtet! Natürlich, in Reihe mit der Leuchtdiode ist auch noch ein Widerstand von 1 kΩ geschaltet, der versichert, daß durch die Diode kein zu starker Strom fließt.

Wir haben schon gesagt, daß der Transistor BC 548, der sich im Set befindet, vom Typ NPN ist.

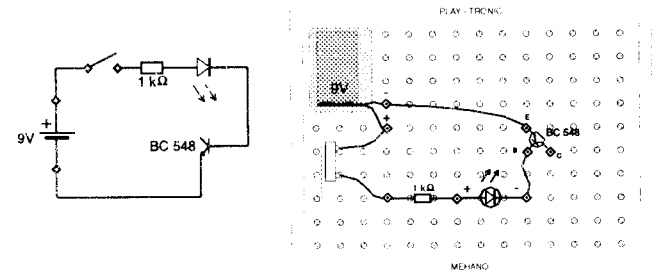


Bild 35

Das bedeutet, daß für das normale Funktionieren der Emitter an den negativen Pol angeschlossen sein muß. Wenn wir möchten, daß der elektrische Strom in die Basis (und von hier in den Emitter) fließt, muß die Basis an die positive Spannung angeschlossen sein bzw. an den Emitter. Schließe jetzt den Transistor so an, wie es auf dem Bild 35 dargestellt ist. Die Leuchtdiode wird leuchten. Das bedeutet, daß der Strom von der Basis in Richtung Emitter fließen kann.

36. BEIM TRANSISTOR VERHÄLT SICH DIE RICHTUNG BASIS-EMITTER WIE EINE DIODE

Jetzt tausche den Basis- und den Emitteranschluß untereinander aus. Die Leuchtdiode wird nicht leuchten. Das bedeutet, daß durch diesen Transistor kein Strom vom Emitter in Richtung Basis fließen kann. Mit anderen Worten, beim Transistor verhält sich die Richtung Basis-Emitter wie eine Diode. Bei den NPN-Transistoren ist diese Diode umgekehrt, von der Basis in Richtung Emitter.

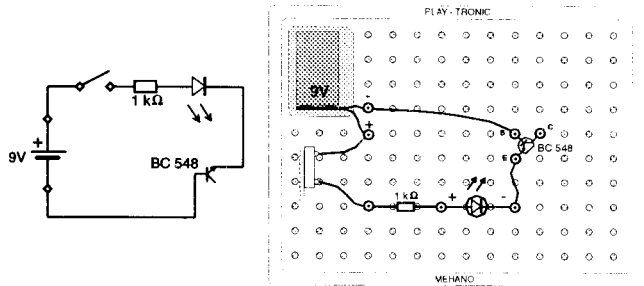


Bild 36

37. WIE VERHÄLT SICH DER TRANSISTOR, WENN WIR NUR DIE BASIS UND DEN KOLLEKTOR BEOBACHTEN?

Schließe jetzt den Transistor so an, daß der Transistorkollektor an den

negativen Batterieanschluß angeschlossen ist, die Basis aber über die Leuchtdiode, den Widerstand und den Schalter an den positiven Batterieanschluß. Der Emitter soll in der Luft sein beziehungsweise nirgendwo angeschlossen.

Wenn du die Taste drückst, leuchtet die Leuchtdiode auf.

Das bedeutet, daß bei unserem Transistor der elektrische Strom aus der Richtung der Basis gegen den Kollektor fließen kann.

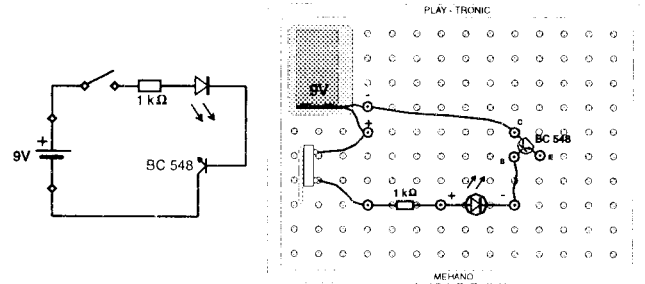


Bild 37

38. BEIM TRANSISTOR VERHÄLT SICH DIE RICHTUNG BASIS-KOLLEKTOR WIE EINE DIODE

Jetzt tausche untereinander den Basis- und den Kollektoranschluß des Transistors aus. Die Leuchtdiode leuchtet nicht. Das bedeutet, der elektrische Strom kann nicht durch diesen Transistor aus der Richtung des Kollektors gegen die Basis fließen.

Mit anderen Worten gesagt, beim Transistor verhält sich die Richtung Basis-Kollektor, wie die Diode. Beim NPN-Transistoren ist diese Diode von der Basis gegen den Kollektor gedreht.

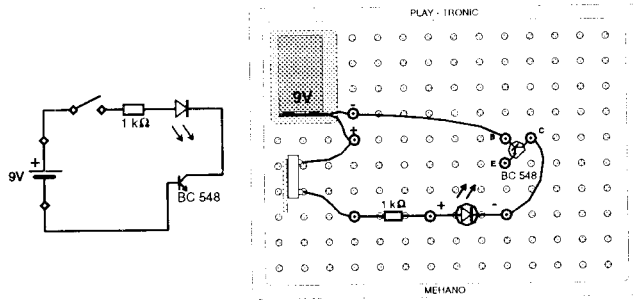


Bild 38

39. SCHALTUNG ZUR PRÜFUNG VON TRANSISTOREN

Aus dem Ganzen, was du bist jetzt gelernt hast, können wir schließen, wie sich ein guter Transistor verhalten muß. Wenn wir Zweifel haben, ob der Transistor in Ordnung ist, stellen wir einfach eine Schaltung her, in der die Eigenschaften der Unbedenklichkeit des Transistors angewandt werden. Das einfachste ist der Transistorschalter.

In der unten gezeichneten Schaltung ist gekennzeichnet, wie wir den Transistor, den wir überprüfen wollen, einsetzen müssen. Wenn die Batterie angeschlossen ist, darf die Leuchtdiode nicht leuchten. Das ist verständlich, denn in die Basis fließt kein Strom und deshalb ist der Transistor geschlossen. Wenn du den Bedienungsknopf drückst, fließt in die Basis Strom und der Transistor ist geöffnet. Deshalb leuchtet die Leuchtdiode. Bei einem guten Transistor ist bei der nichtbetätigten Taste die Leuchtdiode ausgeschaltet, bei der gedrückten Taste dagegen an. Wenn die Leuchtdiode immer ein- oder ausgeschaltet ist, bedeutet dies, daß der Transistor nicht mehr gut ist.

Die Schaltung ist wirklich einfach, verwende sie immer dann, wenn du den Verdacht hast, daß die Schaltung, die du hergestellt hast, deshalb nicht funktioniert, weil vielleicht der Transistor beschädigt ist.

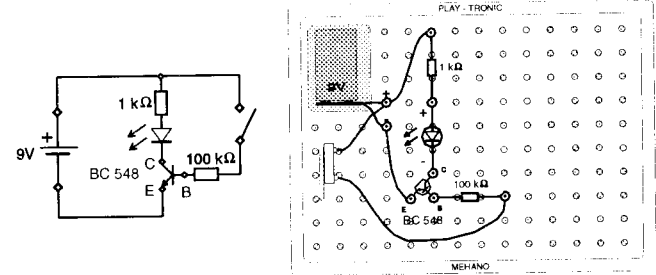


Bild 39

40. WIE STELLEN WIR FEST, WIE DIE ANORDNUNG DER ANGESCHLOSSENEN KONTAKTE IM TRANSISTOR IST?

Jetzt wo du recht gut weißt, wie ein Transistor funktioniert, kannst auch selber die Anordnung der angeschlossenen Kontakte an unbekanntem Transistoren finden.

Zur Hilfe benötigst du eine Batterie, einen Widerstand und eine Leuchtdiode.

- Überprüfe zuerst, ob die Leuchtdiode richtig angeschlossen ist.
- Beim ersten Schritt mußt du feststellen, was für einen Transistor-Typ du verwenden wirst und wo die Basis ist.

Wir erwähnten schon, daß sich beim Transistor die Wege Basis-Emitter und Basis-Kollektor wie Dioden verhalten. Bei diesen "Dioden" sind (wenn es sich um einen NPN-Transistor handelt) die beiden Anoden am Basisanschluß zusammengeschaltet. Deshalb suchen wir am Transistor die Basis so, daß wir den Anschluß, der die Anode der zwei Dioden ist, finden: Emitter- und Kollektorschluß.

Also: schließe eine von den Klemmen des unbekanntem Transistors an die Klemme Nr. 1 an. Den Draht aus der Klemme Nr. 2 führe zuerst auf die eine, dann auf die zweite, freie Klemme des Transistors. Paß auf, wann die Leuchtdiode aufleuchtet. Nun vertausche die Klemme des Transistors, die an die Federklemme Nr. 1 angeschlossen ist und ver-

- suche es erneut. Wiederhole das für alle drei Positionen des Transistors.
- c) Wenn bei der Berührung der beiden freien Transistoranschlüsse die Leuchtdiode nur in einer Position des Transistors aufleuchtet, bedeutet dies, daß du die Basis entdeckt hast und daß der Transistor vom Typ NPN ist. Merke dir, bei welcher Position des Transistors diese lag. Die Transistorklemme, die in diesem Beispiel an die Federklemme Nr. 1 angeschlossen war, ist die Basis.
- d) Wenn die Leuchtdiode nicht aufleuchtet oder sie leuchtet in allen Fällen, ist der Transistor bestimmt defekt.
- e) Wenn in einigen Positionen die Leuchtdiode nur bei der Berührung eines der freien Transistoranschlüsse aufleuchtet, bedeutet dies noch nicht, daß der Transistor defekt ist. Überprüfe, ob er nicht vielleicht von Typ PNP ist. In diesem Fall setze mit dem Punkt 41-g) fort.
- f) Jetzt ist es noch notwendig festzuzeigen, welche von den übrigen zwei Klemmen der Emitter, welche der Kollektor ist. Zu diesem Zweck verwende die Schaltung für die Transistorüberprüfung. Prüfe den Transistor so, daß du zuerst eine, dann die zweite unbekannte Klemme für den Kollektor nimmst. Die Basis sollte natürlich so angeschlossen sein, wie dies erforderlich ist. Bei richtiger Schaltung funktioniert der Transistor besser, beziehungsweise der Unterschied in der Leuchtkraft der Diode bei gedrückter oder nichtgedrückter Taste ist sehr stark.
- Wenn der Transistor nicht wie ein Schalter funktioniert, ist er defekt.

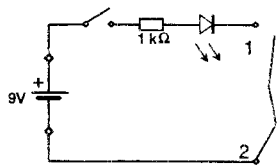


Bild 40 a)

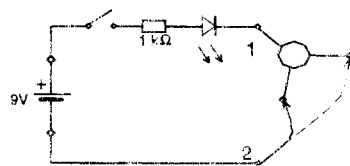


Bild 40 b)

41. TESTSCHALTUNG DER TRANSISTOREN VOM TYP PNP

- g) Überprüfe, ob der Transistor möglicherweise vom Typ PNP ist. Bei

solchem Transistor sind die Spannungen anders als bei jenen vom Typ NPN. Das bedeutet, der Emittor muß an den positiven, der Kollektor aber an den negativen Anschluß der Batterie angeschlossen sein. Die Versorgung der Basis kommt genauso aus dem negativen Anschluß der Batterie.

Beim PNP-Transistor verhalten sich die Richtungen Basis-Kollektor und Basis-Emittor wie die beiden Dioden, die an dem Basisanschluß zusammengeschaltete Kathoden haben. Jetzt muß du die Transistorklemme an die Federklemme Nr. 2, den Draht aber an die Federklemme Nr. 1 anschließen. Wiederhole den Vorgang, der unter dem Punkt b) beschrieben ist. Sei dir bewußt, daß du jetzt Dioden suchst, die zusammengeschaltete Kathoden haben.

Wenn du einen solchen Anschluß findest, bei welchem durch die Berührung des kleinen Drahts aus der Federklemme 1 auf irgendeiner freien Klemme die Leuchtdiode aufleuchten wird, ist dies die Basis. Natürlich, prüfe zuerst, ob sich dies nicht an den anderen Stellungen des Transistors wiederholt. Falls die Leuchtdiode überhaupt nicht oder aber in allen Fällen leuchtet, ist der Transistor bestimmt defekt.

h) Sobald du die Basis des PNP-Transistors gefunden hast, stelle eine Testschaltung her, mit der du überprüfen kannst, ob der Transistor wie ein Schalter funktioniert.

Aus diesem Schaltplan ist ersichtlich, daß die Batterie und die Leuchtdiode anders herumgedreht sind als bei der Testschaltung beim NPN-Transistor.

i) Suche den Emittor und den Kollektor. Du kannst das gleiche machen, wie bei der Anordnung der Anschlüsse des NPN-Transistors. Schließe den Transistor an und überprüfe, ob er wie ein Schalter funktioniert. Ein umgekehrt angeschlossener Transistor wird als Schalter schlechter oder überhaupt nicht funktionieren.

Wenn du beim Transistor die Basis nicht finden kannst (die Gesamtanode für Emittor und Kollektor beim NPN bzw. die Gesamtkathode für den Emittor und Kollektor beim PNP) oder aber der Transistor nicht wie ein Schalter funktioniert, ist der Transistor defekt.

Wir erwähnten schon, daß sich in unserem Set kein PNP-Transistor befindet. Trotzdem wird dir das oben beschriebene Verfahren helfen, wenn du einen völlig unbekanntem Transistor in Händen hast.

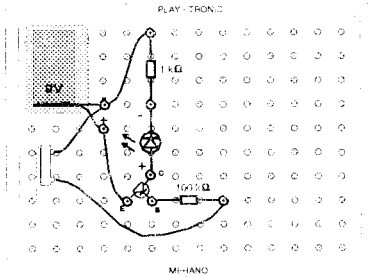
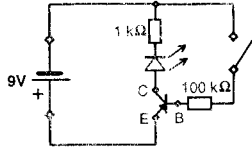


Bild 41

42. DEN STROM, DER IN DIE BASIS FLIESST, KÖNNEN WIR DURCH DEN KOLLEKTORWIDERSTAND BRINGEN

Erinnere dich an den Schaltplan des Transistors als Schalter. Der elektrische Strom wird in die Basis des Transistors durch einen Widerstand gebracht, von dem ein Ende an den positiven Batterieanschluß, das andere aber an die Basis angeschlossen ist. Das ist nicht die einzige Art, wie wir den Strom, der den Transistor öffnen wird, in die Transistorbasis bringen.

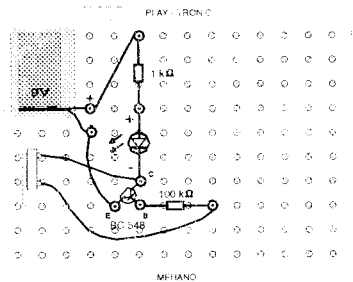
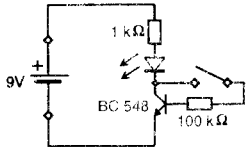


Bild 42

Auf dem unteren Bild ist ein Beispiel gezeigt, bei dem der Strom, der durch die Basis des Transistors fließt, auch durch den Schaltzweig zwischen dem Kollektor und dem positiven Batterieanschluß fließt.

Stelle die unten gezeigte Schaltung her. Wenn du auf die Taste drückst, wird die Leuchtdiode aufleuchten. Das bedeutet, der Transistor funktioniert wie ein Schalter.

43. DEN STROM, DER IN DIE BASIS FLIESST, KÖNNEN WIR DURCH DEN SPANNUNGSWIDERSTAND DES WIDERSTANDSVERTEILERS BRINGEN

Im Bild 43 ist noch eine Möglichkeit der Basisversorgung des Transistors mit elektrischem Strom dargestellt.

Widerstände ist bestimmt, wie stark der elektrische Strom ist, der in die Transistorbasis fließen wird.

Alle drei dargestellten Versorgungsarten der Transistorbasis mit elektrischem Strom haben auf den Transistor die gleiche Wirkung: der Transistor ist geöffnet. Welche Art der Versorgung der Basis in der Schaltung angewandt worden ist, ist von der Art der Transistoranwendung abhängig.

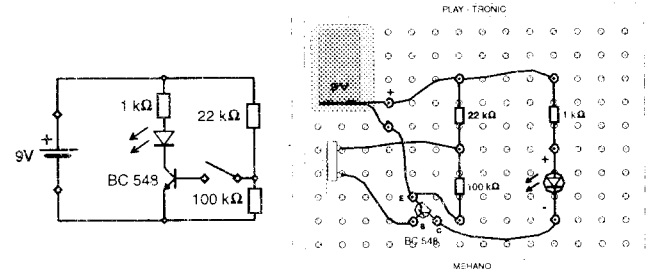


Bild 43

44. IN REIHE SCHALTUNG ZWEIER TRANSISTORSCHALTER

Wir wissen schon, daß der Transistor als Schalter angewandt werden kann. Mit wenig Strom, der in die Transistorbasis fließt, können wir verursachen, daß durch den Transistor viel Strom fließt.

Mit einem Transistorschalter können wir einen anderen Transistorschalter beeinflussen. Ein solches Beispiel ist auf dem Bild 44 dargestellt. Bei jedem der Transistoren befindet sich zwischen dem Kollektor und dem positiven Batterieanschluß ein Widerstand und eine Leuchtdiode.

Die Leuchtdiode wird signalisieren, ob der Transistor als Schalter geöffnet oder geschlossen ist. Wenn der Transistor geöffnet ist, fließt durch ihn kein Strom und die Leuchtdiode leuchtet nicht.

Wenn du in der unten dargestellten Schaltung eine Batterie anschließt, wird die grüne Leuchtdiode leuchten. Warum? Die Taste ist nicht gedrückt. Deshalb fließt kein Strom in die Basis des ersten Transistors und dieser ist geschlossen. Weil durch ihn kein Strom fließt, könnten wir vielleicht denken, er wäre überhaupt nicht in der Schaltung vorhanden. Deshalb wird von dem positiven Batterieanschluß durch die rote Leuchtdiode und den Widerstand von 100 k Ω der elektrische Strom in die Basis des anderen Transistors fließen. Wegen des Widerstands von 100 k Ω wird der elektrische Strom zu schwach sein, um die rote Leuchtdiode zum Leuchten zu bringen. Jedoch ist dieser Strom stark genug, den linken Transistor zu öffnen und so kann der elektrische Strom hindurchfließen. Deshalb wird auch die grüne Leuchtdiode leuchten.

Drücke die Taste. Jetzt wird der elektrische Strom in die Basis des rechten Transistors fließen, welcher deshalb geschlossen sein wird. Durch ihn wird jetzt ein starker Strom fließen und die rote Leuchtdiode leuchtet.

Der linke Widerstand und die Leuchtdiode sowie der rechte Transistor stellen einen Spannungsverteiler dar. Daraus wird die Basis des linken Transistors versorgt. Der geöffnete Transistor weist einen sehr schwachen Widerstand auf und deshalb ist die Spannung an ihm sehr klein. Aus diesem Grunde ist auch der elektrische Strom, der in die Basis des linken Transistors fließt sehr sehr schwach und deshalb ist der linke Transistor geschlossen und die grüne Leuchtdiode leuchtet nicht.

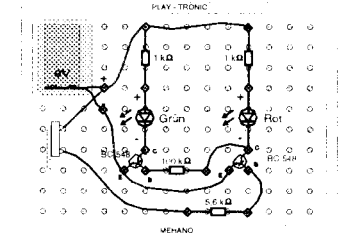
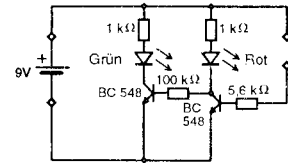


Bild 44

45. TRANSISTOR ALS ABGLEICHWIDERSTAND

Stelle die unten dargestellte Schaltung her.

Wie stark die Glühbirne leuchten wird, ist von der Lage des Potentiometergleiters abhängig. Ist der Gleiter näher am positiven Batterieanschluß, leuchtet die Glühbirne stärker, wenn sie aber näher am negativen ist, leuchtet sie schwächer. Wenn du den Gleiter bewegst, ändert sich die Leuchtkraft der Glühbirne.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Wenn der Gleiter des Potentiometers näher jenem Potentiometersanschluß ist, welcher an die positive Spannung der Batterie angeschlossen ist, fließt durch die Basis ein stärkerer Strom. Wenn wir den Gleiter des Potentiometers bewegen, ist der Potentiometer genau genommen ein Spannungsverteiler.

An die Spannung dieses Verteilers ist ein Widerstand angeschlossen, durch welchen der elektrische Strom in die Basis fließt. Wenn die Spannung in dem Verteiler größer ist, fließt in die Basis des Transistors ein stärkerer Strom.

Wenn der Strom in der Transistorbasis stärker ist, leuchtet die Glühbirne stärker. In diesem Fall fließt durch die Glühbirne (und natürlich auch durch den Transistor) stärkerer Strom. Da die Glühbirne immer gleich ist, ist es klar, daß der Transistor seine Eigenschaften ändert und dies derart, daß er sich wie ein Abgleichwiderstand verhält, dessen Widerstandswert vom Strom, der in die Basis des Transistors fließt, abhängig ist.

Stelle dir vor, du drehst die Achse des Potentiometers nach links und rechts. Deshalb ändert sich die Spannung am Gleiter des Potentiometers: einmal wird sie größer, ein andermal kleiner. Die größere Spannung befördert stärkeren elektrischen Strom in die Basis des Anschlusses und der Transistor ist mehr geöffnet.

Anstatt die Spannung, die sich verändert, aus dem Potentiometer in die Basis zu bringen, können wir die veränderliche Spannung aus irgendeiner Quelle bringen. Der Transistor verstärkt diese Spannungsveränderungen. Deshalb können wir sagen, daß der Transistor, welchen wir als Abgleichwiderstand anwenden, eigentlich ein Verstärker ist.

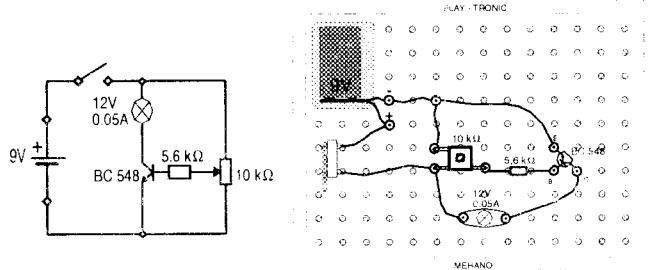


Bild 45

46. IN REIHE SCHALTUNG ZWEIER TRANSISTORENVERSTÄRKER

So wie wir mit einem Transistorschalter einen anderen steuern konnten, können wir den Ausgang aus einem Transistorverstärker in den Eingang des nächsten bringen. Auf diese Art können wir eine niedrige Spannung vielfach verstärken.

In der unten dargestellten Schaltung ist eine in Reihe Schaltung zweier Transistorverstärker dargestellt. Die beiden Leuchtdioden sind hier dazu da, daß du beobachten kannst, wie die beiden Transistoren ihren

Widerstandswert verändern.

Wir stellen uns vor, daß sich der Gleiter des Potentiometers in einer solchen Stellung befindet, daß die Spannung am Gleiter des Potentiometers gleich Null ist. Deshalb ist der elektrische Strom in der Basis des rechten Transistors auch gleich Null und der Transistor ist geschlossen.

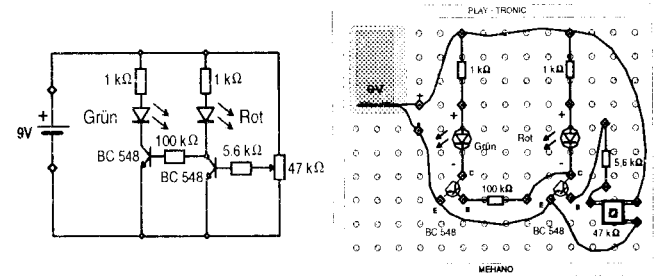


Bild 46

Aus dem vorherigen Beispiel können wir folgern, daß die rote Leuchtdiode nicht leuchten wird, dagegen aber die grüne. Genau umgekehrt ist es, wenn der Gleiter des Potentiometers sich in einer solchen Stellung befindet, daß der elektrische Strom in der Basis des Transistors am stärksten ist. Dann leuchtet die rote, die grüne Leuchtdiode aber nicht. Wie ist es aber in den Zwischenstellungen des Potentiometersgleiters? Versuche es!

Während du den Gleiter des Potentiometers drehst, wird zum Beispiel die rote Leuchtdiode anfangen zu leuchten, die grüne aber verlöschen. Wenn du die Achse in die Gegenrichtung drehst, wird sich die Leuchtkraft der roten Leuchtdiode verkleinern, die der grünen aber vergrößern.

Mit dieser dargestellten Schaltung veranschaulichten wir, wie sich das Ausgangssignal eines Transistorverstärkers für Steuerung des nächsten anwenden läßt. In unserem Beispiel haben wir mit beiden Transistoren die beiden Leuchtdioden an- und ausgeschaltet. Beim zweiten Transistor, an dem die Spannung, die aus der Basis des rechten Transistors geleitet

wurde, schon sehr verstärkt ist, können wir anstatt der Leuchtdiode ein Element anwenden, das für seine Funktion viel Kraft braucht, zum Beispiel Glühbirne, Relaiswicklung usw..

47. EINE GRAPHITSCHICHT MIT DEM BLEISTIFT AUF PAPIER GEBRACHT, IST AUCH EIN WIDERSTAND

In der Einführung erwähnten wir schon, daß der Widerstand im allgemeinen so hergestellt ist, daß auf das keramische Röhrrchen eine dünne Widerstandsschicht aufgetragen ist. Dies kann auch Graphit sein.

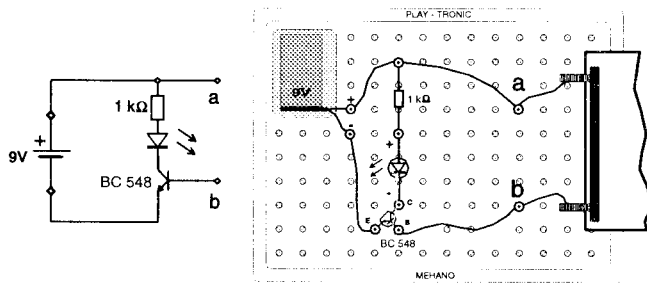


Bild 47

Im alltäglichen Leben treffen wir sehr häufig auf Graphit. Graphit können wir auch in einem ganz einfachen Bleistift vorfinden: der Kern bzw. die Mine ist aus Graphit hergestellt. Wie können wir die oben erwähnte Behauptung beweisen? Stelle dir einfach selber einen Widerstand her! Zuerst nimmst du ein Blatt Papier auf welches du mit einem weichen Bleistift (z.B. Stärke B), eine breite und ausgemalte Linie zeichnest. Falte das Papier so, daß sich die breite Linie am Rand befindet, am Falz. Setze auf die beiden Enden der Linie je eine Federklemme, in die du einen Anschlußdraht eingesetzt hast. Jetzt hast du einen Widerstand, der zwei Anschlußdrähte hat!

Wie kannst du prüfen, daß dies wirklich ein Widerstand ist? Schließe ihn an die unten dargestellte Schaltung an. Durch deinen Widerstand wird

vom positiven Batterieanschluß der elektrische Strom in die Basis des Transistors fließen. Der Transistor ist geöffnet und die Leuchtdiode leuchtet auf.

48. DIE GRAPHITSCHICHT AUF DEM PAPIER KANNST DU ALS POTENTIOMETER EINSETZEN

Wir erwähnten schon, daß das Potentiometer genaugenommen ein Widerstand ist, auf welchem wir den Gleiter bewegen können. Benutze den oben beschriebenen Widerstand, welchen du mit einem einfachen Bleistift auf das Papier gezeichnet hast, um aus ihm ein Potentiometer herzustellen.

Für das Potentiometer nimmst du den für den vorherigen Versuch hergestellten Widerstand. Das Gleitstück wird einfach durch eine Federklemme ersetzt, in die du einen kleinen Draht eingesetzt hast. Nimm die Federklemme in die Hand und streife mit ihr auf der Graphitschicht auf dem Papier herum. Beobachte jetzt, wie sich die Leuchtkraft der Leuchtdiode verändert! Erwinnere dich an die Schaltung in welcher der Transistor als Abgleichwiderstand verwendet wurde. Das ist hier vollkommen die gleiche Schaltung, nur daß du anstatt eines in der Fabrik hergestellten Widerstands hier dein eigenes Erzeugnis verwendest hast.

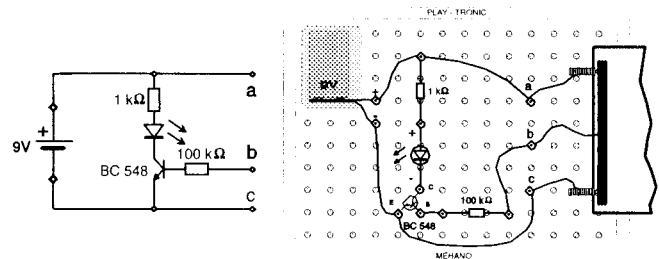


Bild 48

49. ELEKTRONISCHER WÄCHTER

Jetzt wo wir die Funktionsschaltung des Transistors kennengelernt haben, können wir den Transistor auf verschiedene Arten anwenden. In was für einer Schaltung der Transistor angewandt werden soll, ist nur vom Einfallsreichtum des Schaltplaners abhängig.

Die folgende Schaltung stellt uns die Einsetzung eines Transistors in einer Schaltung vor, die ein Signal bei einer Stromunterbrechung auslöst. Eine solche Schaltung können wir zum Beispiel für die Signalisierung eines unerlaubten Öffnens der Tür einsetzen. In dieser Schaltung werden wir den Transistor als Schalter anwenden.

Zwischen den Klemmen 1 und 2 befindet sich ein Draht, der die Aufgabe hat, einen Kurzschluß zwischen der Basis und dem Emmitter auszulösen. Weil in die Basis des Transistors kein elektrischer Strom fließt, ist der Transistor geschlossen. Der elektrische Strom, der vom positiven Batterieanschluß durch den Widerstand von $100\text{ k}\Omega$ fließt, fließt direkt in den negativen Batterieanschluß.

Wenn du jetzt den Draht zwischen den Klemmen 1 und 2 entfernt hast, fließt der elektrische Strom in die Basis und der Transistor ist offen. Deshalb leuchtet die Leuchtdiode auf. Also, kannst du hier die beschriebene Schaltung für die Feststellung einer Unterbrechung des elektrischen Stroms anwenden. Eine unter vielen Möglichkeiten der Anwendung dieser Schaltung ist der elektrische Wächter.

Der Draht zwischen den Klemmen 1 und 2 kann beliebig lang sein. An die Stelle, die du bewachen möchtest, stellst du eine Vorrichtung, mit der es ohne weiteres möglich ist, den elektrischen Stromkreis zu unterbrechen. Im unteren Bild ist das Beispiel dargestellt, wie wir das unerlaubte Öffnen einer Tür entdecken können.

Befestige an der Türseite, die sich öffnet, mit einem Heftzweck (Reißnagel) je eine Büroklammer an der Tür und der unteren Türzarge. An jede der beiden Klammern befestige dann einen Draht, welcher in die Schaltung führt, entweder an den Anschluß 1 oder 2. Jetzt verbinde die beiden Büroklammern mit einem dünnen Drahtstück. Du mußt dabei aufpassen, daß der Draht an den Stellen, wo er an den Büroklammern angebracht ist, ohne Isolierung ist. Wenn du alles vorbereitet und aufgestellt hast, darf die Leuchtdiode nicht leuchten. Denn: wegen des Drahts zwis-

chen den Klemmen 1 und 2 ist zwischen der Basis und dem Emmitter ein Kurzschluß und deshalb fließt kein elektrischer Strom in die Basis.

Wenn jemand die Tür öffnet, löst sich der dünne Draht von den Büroklammern und unterbricht so den Kontakt zwischen den Punkten 1 und 2. Der Strom fließt jetzt vom positiven Batterieanschluß durch den Widerstand in die Basis des Transistors. Der Transistor ist geöffnet und die Diode leuchtet auf.

Wir können noch mehr solche Stellen finden, die wir bewachen möchten. Alle solche Stellen bzw. Orte (z. B. Fenster, Türen, Schranktüren usw.) schalten wir hintereinander und am Ende verbinden wir die Drähte in der Schaltung. Die einzige Schwierigkeit dabei ist, daß wir bei einem Alarm nicht wissen, an welcher Stelle der "Eindringling" den Alarm ausgelöst hat. Wenn wir aber auch dies noch herausfinden möchten, müssen wir für jede bewachte Stelle eine besondere Schaltung anwenden. Wenn sich alle Schaltungen am gleichen Platz befinden, können wir für alle nur eine Batterie benutzen.

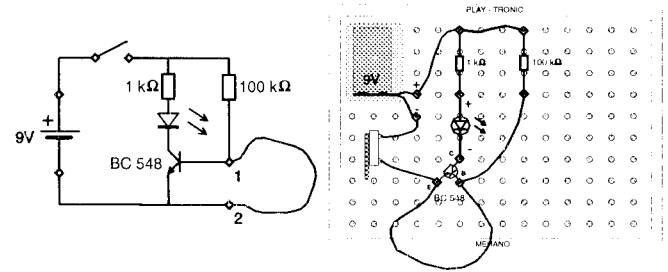


Bild 49

50. FLÜSSIGKEITSNIVEAUMELDER

Die meisten Flüssigkeiten leiten elektrischen Strom. Zwar sehr schwach, jedoch ist trotz alledem der Widerstandswert der Flüssigkeit schwach genug, daß durch sie der Strom, der den Transistor steuert, fließen kann. Im Set ist ein Feuchtigkeitsfühler. Das ist ein kleines Plättchen, auf dem

sich zwei Leiter auf einer ziemlichen Länge sehr nah beieinander befinden. Durch den Schlitz zwischen den Leitern kann der elektrische Strom nicht fließen. Wenn jetzt aber zwischen die beiden Leiter eine Leitflüssigkeit gelangt, fällt deshalb der gesamte Widerstandswert des Tastfühlers. Diese Tatsache werden wir in unseren Schaltungen anwenden.

In dieser Schaltung sind zwischen dem positiven Batterieanschluß und der Basis des Transistors in Reihe ein Widerstand von $100\text{ k}\Omega$ und ein Feuchtigkeitstastfühler geschaltet. Wenn auf den Feuchtigkeitstastfühler die Flüssigkeit gelangt, die den elektrischen Strom leitet, dann fließt der Strom vom positiven Batterieanschluß durch den Widerstand von $100\text{ k}\Omega$ und den Feuchtigkeitstastfühler in die Basis des Transistors. Der Transistor ist geöffnet und die Leuchtdiode leuchtet auf.

Es soll ausdrücklich betont werden, daß wir den hier beschriebenen Tastfühler dann nicht anwenden können, wenn wir es mit Flüssigkeiten zu tun haben, die den elektrischen Strom nicht leiten, wie z. B. verschiedene Öle und destilliertes Wasser. In diesen Fällen müssen wir einen anders hergestellten Tastfühler benutzen.

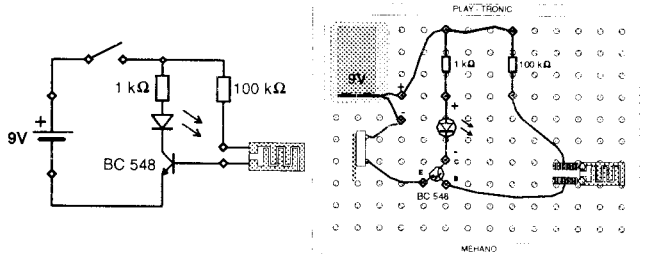


Bild 50

51. MELDER EINES NIEDRIGEN FLÜSSIGKEITSNIVEAUS

In diesem Beispiel möchten wir das Signal dann eingeschaltet haben,

wenn sich im Gefäß keine Flüssigkeit mehr befindet. Der Flüssigkeitstastfühler ist in der Schaltung so eingesetzt, daß er zusammen mit dem Widerstand von $100\text{ k}\Omega$ einen Spannungsteiler bildet, an welchem die mittlere Abzweigung an die Basis des Transistors angeschlossen ist.

Wenn sich am Tastfühler Feuchtigkeit befindet, entsteht zwischen seinen Klemmen ein schwacher Widerstand. Deshalb ist die Spannung zwischen den beiden Klemmen zu klein, als daß der elektrische Strom in die Transistorbasis fließen würde und der Transistor ist geschlossen.

Wenn das Gefäß leer ist, ist der Tastfühler in der Luft. Wenn die Feuchtigkeit trocknet, hat der Feuchtigkeitstastfühler einen großen Widerstandswert. Deshalb erhöht sich auch die Spannung an der mittleren Abzweigung des Spannungsteilers und der Strom kann durch den Widerstand von $100\text{ k}\Omega$ in die Basis des Transistors fließen. Der Transistor ist deshalb geschlossen und die Leuchtdiode leuchtet.

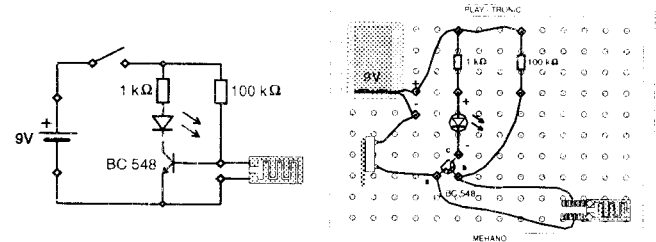


Bild 51

52. EINPHASIGE NIEDERFREQUENZVERSTÄRKER

Erinnere dich an die Beschreibung, wie ein Lautsprecher funktioniert. Wenn durch die Wicklung im Lautsprecher elektrischer Strom fließt, verhält sich diese Wicklung wie ein Elektromagnet. Deshalb wird diese kleine Spule in das Relais des Elektromagnets gezogen oder sie wird von ihm abgestoßen. Wenn durch diese Spule ein Strom veränderlicher

Stärke oder Wechselstrom fließt, bewegt sich die kleine Spule vor und zurück. Darum wird die Luft, die in der Nähe des Lautsprechers ist, zum Schwingen gebracht und wir hören dies als einen Ton.

Im allgemeinen gilt, daß im Leiter, der sich in der Nähe des Magnets bewegt (bzw. im Leiter, in dessen Nähe sich der Magnet bewegt), der elektrische Strom wegen dieser Bewegungen anfängt zu fließen. Das ist das Grundprinzip des Funktionierens der elektrischen Generatoren in den Kraftwerken.

Was spielt sich in der Spule ab, die sich in der Rille des Magnets befindet, wenn sie sich hin und her bewegt? Wegen der Bewegungen der kleinen Spule beginnt der elektrische Strom durch sie zu fließen. Wir sagen, in der Spule wird der elektrische Strom induziert. Weil sich die Membrane hin und her bewegt, fließt der Strom zuerst durch die Spule in die eine Richtung dann in die andere Richtung. Mit einem Wort, als Folge des Sprechens fließt durch die Spule in den Lautsprecher ein Wechselstrom.

Wenn wir in den Lautsprecher sprechen, erscheint an den Anschlußklemmen des Lautsprechers ein elektrisches Signal, dessen Spannung davon abhängig ist, wie laut wir sprechen oder auf die Membrane klopfen. So funktioniert auch ein Mikrophon, z. B. ein solches, das in modernen Telefonhörern eingebaut ist. Also sind der Aufbau eines Mikrophons und eines Lautsprechers sehr ähnlich. In unserem Set befindet sich kein Mikrophon, aber das macht nichts, an seiner Stelle gebrauchen wir den Lautsprecher.

In der unten dargestellten Schaltung sind die Widerstände so ausgesucht worden, daß der Transistor leicht geöffnet ist. Deshalb leuchtet die Diode schwach. In Reihe mit dem Mikrophon ist auch ein elektrolytischer Kondensator geschaltet. Da der Kondensator eine Sperre für den Gleichstrom ist, fließt der Strom, der vom Kollektoranschluß durch den Widerstand von $100\text{ k}\Omega$ fließt, im Ganzen in die Basis des Transistors. An die Basis des Transistors ist über den elektrolytischen Kondensator ein Lautsprecher angeschlossen, den wir hier als Mikrophon verwenden. Wenn du auf die Membrane klopfst oder in den Lautsprecher sprichst, induziert sich in der kleinen Spule der Wechselstrom. Mit dem Experiment haben wir schon gezeigt, daß der Wechselstrom durch einen Kondensator fließen kann. Dieser Strom wird zu dem Strom

hinzugezählt, der durch den Widerstand in die Basis des Transistors geleitet wird. Deshalb hat der elektrische Strom, der durch die Basis fließt, eine veränderliche Stärke. Infolgedessen ist der Transistor mehr oder weniger geöffnet. Die Leuchtdiode leuchtet auch dann mal stärker und mal schwächer.

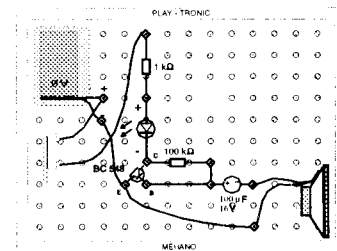
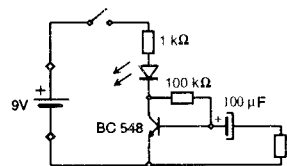


Bild 52

53. ZWEIFASIGE NIEDERFREQUENZVERSTÄRKER

In dieser Schaltung wurden zwei untereinander sehr ähnliche Niederfrequenzverstärker verwendet. Zwischen dem Ausgang des ersten (Kollektor des rechten Transistors) und dem Eingang des zweiten (Basis des linken Transistors) befindet sich ein elektrolytischer Kondensator, der versichert, daß die Versorgung der Basis des linken Transistors nur durch die Widerstände geschieht, die um diesen Transistor herum sind. Der erste Transistor verstärkt das niederfrequente Wechselsignal aus dem Lautsprecher, der wir in unserem Beispiel als Mikrophon benutzen. Das verstärkte Wechselsignal geht aus dem Kollektor des rechten Transistors durch den elektrolytischen Kondensator in die Basis des linken Transistors. Deshalb ist auf dem Kollektor des linken Transistors das Signal vielfach verstärkt. Die Leuchtdiode zeigt, wie sich der elektrische Strom durch den linken Transistor als Folge des Signals, das aus dem Lautsprecher kommt, verändert.

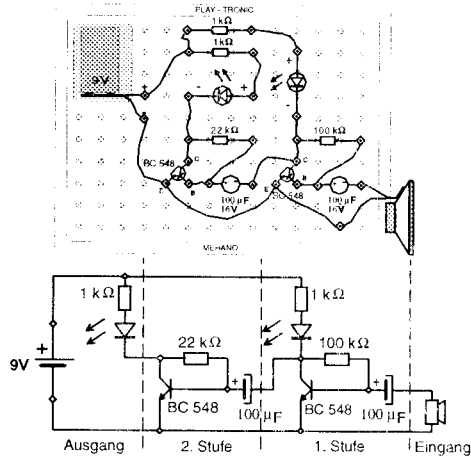


Bild 53

54. NOCH EINE AUSFÜHRUNG DES VERSTÄRKERS

Im unteren Bild ist eine etwas andere Ausführung des zweistufigen Transistorverstärkers dargestellt. Zwischen dem Kollektor der linken und der Basis des rechten Transistors befindet sich kein elektrolytischer Kondensator. Deshalb kann der Gleichstrom, der durch den Kollektorwiderstand des rechten Transistors fließt, teilweise auch durch die Basis des linken Transistors fließen. Wenn du diese Schaltung mit der vorigen vergleichst, siehst du, daß in dieser Schaltung weniger Elemente eingesetzt werden.

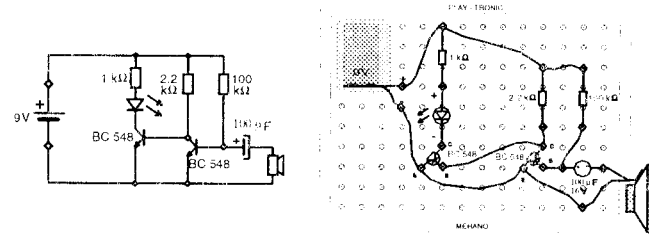


Bild 54

55. "LIGHT SHOW"

Mit dem Verstärker können wir ein schwaches Signal, das an den Verstärkereingang kommt, so verstärken, daß die Glühbirne aufleuchtet. Wenn du die Glühbirne direkt an die Lautsprecherklemmen anschließt, wird sie in keinem Fall brennen. Wenn du aber bei der hergestellten Schaltung fein an den Lautsprecher klopfst oder ihn anpustest, wird die Glühbirne aufleuchten. Ein ähnliches Prinzip gilt auch für die Schaltungen, die in den Diskotheken die Spotlights im Rhythmus der Musik aufleuchten lassen.

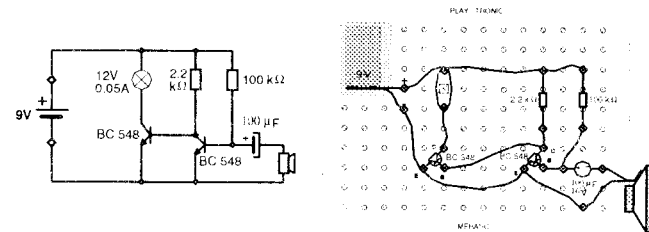


Bild 55

56. EINE SENSORSCHALTUNG MIT ZWEI TRANSISTOREN

Wahrscheinlich hast du dich schon gefragt, wie genau genommen eine Sensortaste, die du am Fernseher oder Radio siehst, funktioniert. Die Taste ist überhaupt keine Taste, sondern nur ein Kontakt, welchen wir mit dem Finger berühren. Wenn du die untere Schaltung fertiggestellt hast, ist es dir bestimmt klar, wie eine solche Taste aufgebaut ist. In der Schaltung sind zwei Transistoren angewandt.

Gib die Federklemmen des positiven Batterieanschlusses und das Ende des 100 k Ω Widerstands, das nicht an die Basis des rechten Transistors angeschlossen ist, so nah zusammen, daß du beide gleichzeitig mit einem Finger berühren kannst.

Erinnere dich: wenn in die Basis des Transistors ein sehr schwacher Strom fließt, so fließt durch den Transistor aus dem Kollektor in den Emitter ein vielfach stärkerer Strom. Diesen Strom können wir dann so leiten, daß er in die Basis des nächsten Transistors fließt. So ist der elektrische Strom, der in die Basis des rechten Transistors fließt wirklich vielfach verstärkt, das Ergebnis der Verstärkung ist aber der Strom, der durch den linken Transistor fließt. Eine solche Schaltung von Transistoren, bei welcher der Strom aus dem Emitter eines Transistors direkt in die Basis des anderen fließt, nennen die Fachleute die Darlingtonische Schaltung.

Die Oberfläche unserer Haut ist immer mit unterschiedlichem Schmutz, mit Feuchtigkeit und Säuren (Schweißabsonderung!) bedeckt, deshalb kann der elektrische Strom auf der Hautoberfläche fließen.

Der Widerstandswert der Haut ist ziemlich groß und der elektrische Strom, der auf ihrer Oberfläche fließt, ist deshalb sehr gering. Aber gerade dieser Strom ist in die Basis des rechten Transistors auf dem dargestellten Schaltplan geleitet. Wenn du mit dem Finger die Federklemmen, die im Schaltplan mit 1 und 2 gekennzeichnet sind, berührst, wird die Leuchtdiode aufleuchten.

Wozu dient der Widerstand von 100 k Ω , der sich zwischen dem Sensorkontakt und der Basis des rechten Transistors befindet? Die Schaltung würde auch funktionieren, wenn dieser Widerstand nicht vorhanden wäre, jedoch ...

Es könnte passieren, daß irgendeiner aus Versehen (oder mit Absicht) mit einem Metallgegenstand einen Kontakt zwischen den beiden Sensorkontakten herstellen würde. Im solchen Fall würde die Basis direkt an den positiven Batterieanschluß angeschlossen sein. Erinnere dich: die Richtung Basis-Emitter verhält sich wie eine Diode. Diese Diode ist so umgedreht, daß der elektrische Strom aus dem Emitter an die negative Batterieklemme fließen kann. Deshalb würde vom positiven Batterieanschluß in die Basis des Transistors ein Starkstrom fließen, der den Transistor zerstören würde. Deswegen ist in Reihe mit der Basis des Transistors noch ein Widerstand eingesetzt, der den Transistor davor schützt, daß in seine Basis ein zu starker elektrischer Strom fließen würde.

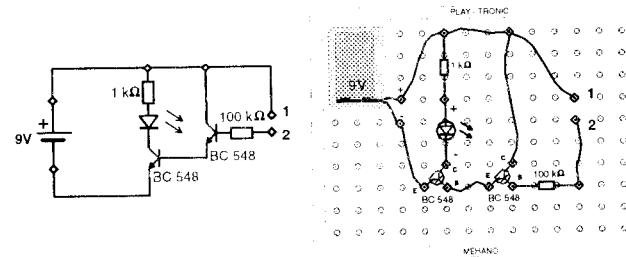


Bild 56

57. EINE SENSORSCHALTUNG, DIE EINE ANLAGE AUSSCHALTET

In dieser Schaltung wurde der rechte Transistor als Schalter angewandt, der den linken Transistorschalter einschaltet. Im Ruhezustand fließt in die Basis des rechten Transistors kein elektrischer Strom. Dieser Transistor ist deshalb geschlossen und stellt einen großen Widerstandswert dar. Der elektrische Strom fließt deswegen durch den Widerstand von 22 k Ω in die Basis des linken Transistors, der geöffnet ist und die Leuchtdiode leuchtet auf.

Wenn du mit dem Finger die "Sensor"-Federklemmen berührt, fließt in die Basis des rechten Transistors Strom, der dann den Transistor öffnet. Der geöffnete Transistor stellt einen niedrigen Widerstandswert dar und deshalb ist an der mittleren Abzweigung des Spannungsverteilers, der von dem Widerstand von 22 kΩ und dem rechten Transistor dargestellt ist, die Spannung sehr niedrig. Der Strom in der Basis des linken Transistors fällt, der Transistor ist geschlossen und die Leuchtdiode leuchtet nicht.

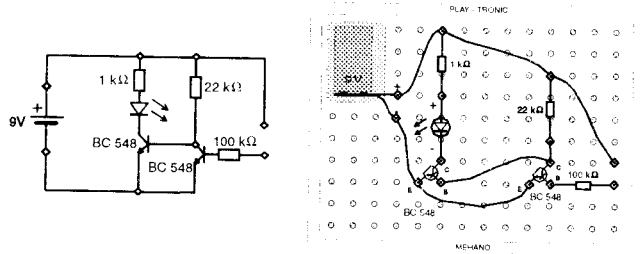


Bild 57

58. KONDENSATOR UND TRANSISTOR (1)

Wenn du die folgende Schaltung herstellst und sie an die Batterie anschließt, wird die Leuchtdiode nicht leuchten. Das ist verständlich, denn es gibt keinen elektrischen Strom, der in die Basis des Transistors fließen würde und deshalb ist der Transistor geschlossen.

Drücke die Taste. Aus dem positiven Batterieanschluß fließt der elektrische Strom durch den Widerstand und die Taste sowie weiter in den elektrolytischen Kondensator und in die Basis des Transistors. Am Anfang ist der Kondensator leer, deswegen fließt der elektrische Strom schlagartig hinein. Während sich der Kondensator auflädt, wächst an seinen Klemmen die Spannung. In einem bestimmten Augenblick ist diese groß genug, daß etwas von dem Strom auch in die Basis des Transistors fließt und der Transistor anfängt sich zu öffnen. Die Leuchtdiode leuchtet immer stärker, bis die Leuchtkraft nicht das

Maximum erreicht.

Jetzt laß die Taste los. Der Kondensator ist aufgeladen und in ihm ist jetzt der elektrische Strom gespeichert. Wenn du die Taste losläßt, verhält sich der Kondensator wie eine Batterie, aus der der Strom in die Basis des Transistors fließen kann. Deswegen ist der Transistor noch einige Zeit geöffnet. Weil sich der Kondensator langsam leert, wird der elektrische Strom, der aus ihm in die Basis des Transistors fließt, langsam schwächer. Der Transistor schließt sich langsam und deswegen wird die Lichtstärke der Leuchtdiode immer geringer bis sie am Ende ganz erlischt.

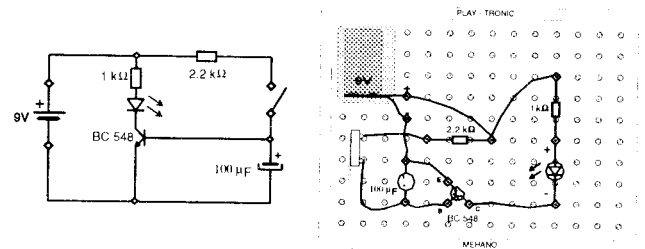


Bild 58

59. KONDENSATOR UND TRANSISTOR (2)

In dieser Schaltung ist die Taste parallel mit dem elektrolytischen Kondensator geschaltet. Wenn du die hergestellte Schaltung an die Batterie anschließt, wird die Leuchtdiode langsam hell, ähnlich wie beim vorigen Versuch.

Jetzt drücke die Taste. Sie schließt den Kondensator kurz und dieser entleert sich im Nu. Gleichzeitig erlischt auch die Leuchtdiode.

Laß die Taste jetzt los. Der Kondensator beginnt sich langsam aufzuladen. Zugleich beginnt auch der Transistor sich zu öffnen und die Leuchtdiode leuchtet immer stärker, bis die Lichtstärke das Maximum erreicht.

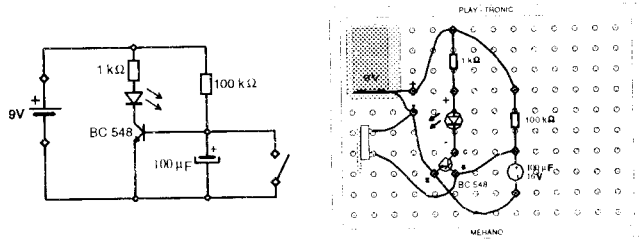


Bild 59

60. KURZZEITIGES EINSCHALTEN EINER ANLAGE

Die Schaltung, die die Aufladeigenschaften des Transistors benützt, können wir zum kurzzeitigen Einschalten irgendwelcher Anlagen benutzen. Das kann zum Beispiel ein Ventilator im Badezimmer, die Klingel oder der Gong an der Eingangstüre usw. sein.

Die hier beschriebene Schaltung ermöglicht dies zwar nicht, wenn wir aber anstatt der Leuchtdiode und dem hintereinandergeschalteten Widerstand zwischen dem Kollektor des Transistors und dem positiven Batterieanschluß eine Relaiswicklung anschließen würden, könnten wir mit der Vermittlung des Relais auch einen Verbraucher anschließen, der für sein Funktionieren einen stärkeren Strom und eine höhere Spannung benötigt.

Wie funktioniert die Schaltung? Vorausgesetzt, der elektrolytische Kondensator ist leer. Wenn du die Taste drückst, fließt der elektrische Strom aus dem positiven Batterieanschluß in den elektrolytischen Kondensator. Dann verzweigt sich dieser Strom: ein Teil fließt durch den Widerstand von 270Ω gegen den negativen Batterieanschluß, der zweite aber durch den Widerstand von $22 \text{ k}\Omega$ in die Basis des Transistors. Deshalb ist der Transistor geöffnet und die Leuchtdiode leuchtet.

Der Kondensator lädt sich langsam auf. Wenn er aufgeladen ist, fließt in ihn kein Strom mehr. Deswegen gibt es auch keinen Strom, der in die Basis des Transistors fließen könnte, dieser ist zu und die Leuchtdiode leuchtet nicht.

Wenn du die Taste losläßt, ist der positive Anschluß des elektrolytischen

Kondensators nicht mehr an den positiven Batterieanschluß angeschlossen. So kann der Strom durch den Widerstand von $1 \text{ k}\Omega$ und 270Ω fließen und der Kondensator leert sich. In dieser Zeit fließt der Strom durch den Widerstand von 270Ω in die Gegenrichtung und nicht mehr in die, in die er geflossen ist, als du die Taste gedrückt hast. Jetzt liegt die Spannung in umgekehrter Richtung an dem Widerstand. Das bedeutet, der Transistor ist zu und die Leuchtdiode leuchtet nicht.

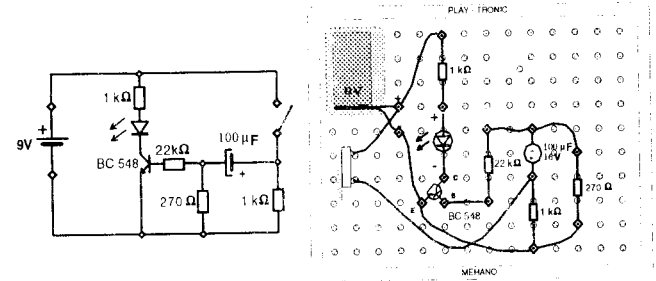


Bild 60

61. SCHALTER MIT EINSTELLBARER ZEITVERSÄTUNG

Vielleicht hast du schon die Möglichkeit gehabt, die Eltern dabei zu beobachten, wie sie auf einem dunklen Parkplatz versuchten ihr Auto abzuschließen, nachdem alle Autotüren zu waren und nirgendwo ein Licht vorhanden war. Es wäre schön, wenn die Lichter im Inneren des Autos wenigstens noch einige Sekunden leuchten würden, um so leichter das Türschloß zu finden.

Wir stellen uns vor, daß die Taste im unteren Schema die erforderliche Taste für das Anmachen des Lichts ist. Wenn die beiden Kontakte der Taste verbunden sind, fließt der elektrische Strom durch den Widerstand von 33Ω , dann fließt ein Teil in den elektrolytischen Kondensator und beginnt ihn aufzuladen, der andere Teil geht weiter in den Widerstand

von 2,2 k Ω .

Von hier aus fließt ein Teil des Stroms in die Basis des Transistors, der andere dagegen durch den Potentiometer gegen den negativen Batterieanschluß. Wegen des Stroms, der durch die Basis des Transistors fließt, ist dieser offen und die Leuchtdiode brennt.

Laß jetzt die Taste los. Der elektrolytische Kondensator beginnt sich durch den Widerstand von 2,2 k Ω zu leeren, woraufhin ein Teil dieses Stroms in die Basis fließt, der zweite Teil durch den Potentiometer und den 22 k Ω Widerstand. Abhängig von der Lage des Gleiters auf dem Potentiometer leert sich der Kondensator schneller oder langsamer.

Wenn die Spannung an dem elektrolytischen Kondensator zu niedrig ist, damit der Strom, der in die Basis des Transistors fließt, diesen offen halten könnte, wird die Leuchtdiode ausgehen. Das Potentiometer dient also zum Einstellen der Zeit, wie lange die Leuchtdiode noch leuchten soll, wenn du die Taste losgelassen hast.

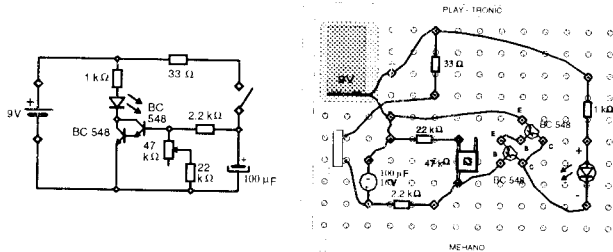


Bild 61

62. SCHALTUNG ZUR PRÜFUNG DER ELEMENTE

In der Schaltung unten leuchtet die Leuchtdiode, wenn der elektrische Strom aus der Klemme a in die Klemme b fließt. Wie können wir diese Feststellung zur Prüfung von Elementen verwenden?

Wenn du zwischen den Klemmen a und b einen Widerstand schaltest, leuchtet die Diode, wenn der Widerstand nicht unterbrochen oder

beschädigt ist.

Wenn du zwischen den Klemmen a und b einen Kondensator einbaust, leuchtet die Diode nur für einen Augenblick auf. Wenn sich der Kondensator auflädt, fließt der elektrische Strom nicht mehr aus der Klemme a in den Kondensator und weiter in die Basis des Transistors. Deshalb erlischt die Diode. Wenn der Kondensator aber eine größere Kapazität hat, leuchtet die Diode eine längere Zeit. Wenn sie nicht erlischt, so bedeutet dies, der Kondensator ist defekt.

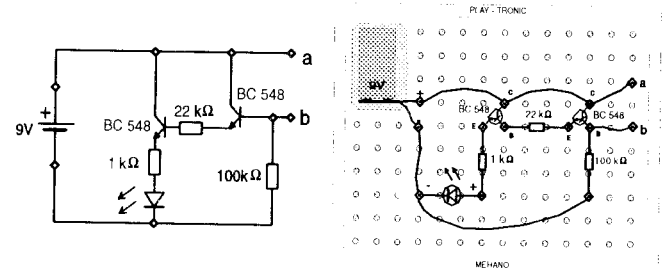


Bild 62

Mit dieser Schaltung kannst du auch kontrollieren, ob eine Diode einwandfrei funktioniert. Die Diode mußt du so anschließen, daß die Kathode - das gekennzeichnete Diodenfüßchen - an die Klemme b angeschlossen ist. Die Leuchtdiode leuchtet. Wenn du jetzt die Diode, die du kontrollierst, umdrehst, darf sie nicht leuchten. Wenn sich beim Anschließen der Prüfdiode die Schaltung nicht so verhält, wie hier beschrieben, ist die Diode defekt.

63. SCHALTUNG ZUR PRÜFUNG VON DIODEN

Bei der vorigen Schaltung mußte die Testdiode während des Prüfens zweimal angeschlossen und nachgesehen werden, wie sie sich in den Richtungen Anode-Kathode und Kathode-Anode verhält.

Mit den Elementen die du zur Verfügung hast, kannst du eine sehr viel

vollkommenere Schaltung zur Prüfung von Dioden herstellen. Sehen wir, wie sich die Schaltung verhält, wenn wir in sie eine gute oder eine defekte Diode einsetzen.

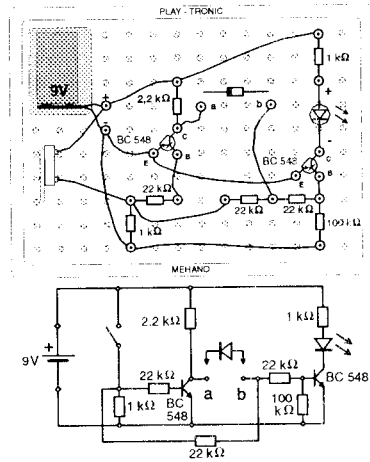


Bild 63

Vorausgesetzt, die Diode ist in ihrem Inneren unterbrochen. Das würde das gleiche bedeuten, als wäre in der Testschaltung zwischen den Klemmen a und b gar nichts. Der rechte Transistor ist zu, da kein Weg für den Strom da ist, der in seine Basis führen sollte. Deshalb leuchtet die Leuchtdiode nicht. Drücke die Taste. Durch die Taste und den Widerstand von 100 kΩ fließt der Strom in die Basis des rechten Transistors, der sich deshalb öffnet, und die Leuchtdiode leuchtet. Wegen der gedrückten Taste ist auch der linke Transistor offen, jedoch ist dies im Augenblick nicht bedeutend.

Angenommen, die Diode ist im Innern kurzgeschlossen. Das bedeutet das Gleiche, als würden wir zwischen den Klemmen a und b einen kleinen Draht einsetzen. Jetzt kann der elektrische Strom durch den

Widerstand von 2,2 kΩ, durch den eingesetzten Draht und den Widerstand von 22 kΩ in die Basis des rechten Transistors fließen. Deshalb ist dieser Transistor offen und die Leuchtdiode leuchtet. Nun drücke die Taste. Jetzt ist der linke Transistor geöffnet und sein Widerstandswert ist deswegen sehr niedrig. Deshalb wird die Spannung zwischen dem Emitter und dem Kollektor dieses Transistors zu niedrig sein, als daß der elektrische Strom in die Basis des anderen Transistors fließen könnte. So ist eben dieser Transistor geschlossen und die Leuchtdiode kann nicht leuchten.

Vorausgesetzt, daß eine gute Diode geschaltet wurde und sie so eingesetzt ist, wie hier aufgezeichnet ist: die Kathode befindet sich an der Klemme a. Wenn die Taste frei ist, ist die Diode eine Sperre des Stroms, der durch den Widerstand von 22 kΩ gegen die Basis des rechten Transistors fließen würde. Deshalb leuchtet die Diode auch nicht. Wenn du die Taste drückst, ist der linke Transistor offen, deswegen ist zwischen seinem Kollektor und dem Emitter ein niedriger Widerstandswert. Der Strom, der durch die Taste und den Widerstand von 100 kΩ fließt, fließt wegen des niedrigen Widerstandswertes des linken Transistors lieber durch die Diode und den linken Transistor, deshalb ist der rechte Transistor erneut geschlossen. Die Leuchtdiode leuchtet nicht.

Nehmen wir einmal an, daß eine gute Diode geschaltet und falsch in die Schaltung eingesetzt wurde, bzw. daß die Kathode an der Klemme b ist. Durch den Widerstand von 22 kΩ, die Testdiode und den Widerstand von 22 kΩ fließt der Strom in die Basis des rechten Transistors, der deshalb offen ist und die Leuchtdiode brennt. Wenn du die Taste betätigst, ist der linke Transistor offen und in ihm ist ein kleiner Widerstandswert. Der elektrische Strom, der durch die Taste und den Widerstand von 100 kΩ fließt, fließt auch gegen die Klemme b. Weil sich die linke Diodenklemme (wegen des offenen linken Transistors) in einer sehr niedrigen Spannung befindet, ist die Testdiode verkehrt herum gedreht. Deshalb fließt der Strom nicht in dieser Richtung, sondern kann nur in die Basis des rechten Transistors fließen. Dieser ist schon wieder offen und die Leuchtdiode leuchtet.

Aus dem oben beschriebenen Verhaltens der Schaltung könnten wir folgende Tabelle aufstellen.

vollkommenere Schaltung zur Prüfung von Dioden herstellen. Sehen wir, wie sich die Schaltung verhält, wenn wir in sie eine gute oder eine defekte Diode einsetzen.

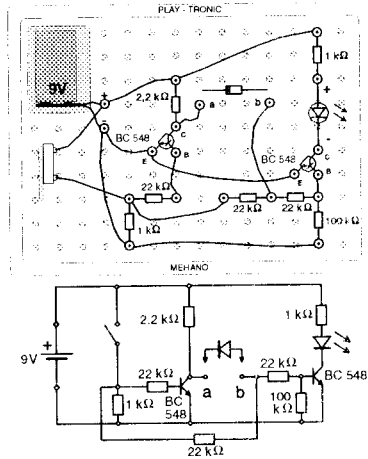


Bild 63

Vorausgesetzt, die Diode ist in ihrem Inneren unterbrochen. Das würde das gleiche bedeuten, als wäre in der Testschaltung zwischen den Klemmen a und b gar nichts. Der rechte Transistor ist zu, da kein Weg für den Strom da ist, der in seine Basis führen sollte. Deshalb leuchtet die Leuchtdiode nicht. Drücke die Taste. Durch die Taste und den Widerstand von 100 kΩ fließt der Strom in die Basis des rechten Transistors, der sich deshalb öffnet, und die Leuchtdiode leuchtet. Wegen der gedrückten Taste ist auch der linke Transistor offen, jedoch ist dies im Augenblick nicht bedeutend.

Angenommen, die Diode ist im Innern kurzgeschlossen. Das bedeutet das Gleiche, als würden wir zwischen den Klemmen a und b einen kleinen Draht einsetzen. Jetzt kann der elektrische Strom durch den

Widerstand von 2,2 kΩ, durch den eingesetzten Draht und den Widerstand von 22 kΩ in die Basis des rechten Transistors fließen. Deshalb ist dieser Transistor offen und die Leuchtdiode leuchtet. Nun drücke die Taste. Jetzt ist der linke Transistor geöffnet und sein Widerstandswert ist deswegen sehr niedrig. Deshalb wird die Spannung zwischen dem Emitter und dem Kollektor dieses Transistors zu niedrig sein, als daß der elektrische Strom in die Basis des anderen Transistors fließen könnte. So ist eben dieser Transistor geschlossen und die Leuchtdiode kann nicht leuchten.

Vorausgesetzt, daß eine gute Diode geschaltet wurde und sie so eingesetzt ist, wie hier aufgezeichnet ist: die Kathode befindet sich an der Klemme a. Wenn die Taste frei ist, ist die Diode eine Sperre des Stroms, der durch den Widerstand von 22 kΩ gegen die Basis des rechten Transistors fließen würde. Deshalb leuchtet die Diode auch nicht. Wenn du die Taste drückst, ist der linke Transistor offen, deswegen ist zwischen seinem Kollektor und dem Emitter ein niedriger Widerstandswert. Der Strom, der durch die Taste und den Widerstand von 100 kΩ fließt, fließt wegen des niedrigen Widerstandswertes des linken Transistors lieber durch die Diode und den linken Transistor, deshalb ist der rechte Transistor erneut geschlossen. Die Leuchtdiode leuchtet nicht.

Nehmen wir einmal an, daß eine gute Diode geschaltet und falsch in die Schaltung eingesetzt wurde, bzw. daß die Kathode an der Klemme b ist. Durch den Widerstand von 22 kΩ, die Testdiode und den Widerstand von 22 kΩ fließt der Strom in die Basis des rechten Transistors, der deshalb offen ist und die Leuchtdiode brennt. Wenn du die Taste betätigst, ist der linke Transistor offen und in ihm ist ein kleiner Widerstandswert. Der elektrische Strom, der durch die Taste und den Widerstand von 100 kΩ fließt, fließt auch gegen die Klemme b. Weil sich die linke Diodenklemme (wegen des offenen linken Transistors) in einer sehr niedrigen Spannung befindet, ist die Testdiode verkehrt herum gedreht. Deshalb fließt der Strom nicht in dieser Richtung, sondern kann nur in die Basis des rechten Transistors fließen. Dieser ist schon wieder offen und die Leuchtdiode leuchtet.

Aus dem oben beschriebenen Verhaltens der Schaltung könnten wir folgende Tabelle aufstellen.

Zustand der Diode	Taste ist gedrückt	Taste ist frei
gut	geschlossen	geschlossen
unterbrochen	leuchtet	geschlossen
Kurzschluß	geschlossen	leuchtet

64. GERÄUSCHGENERATOR

Wahrscheinlich kennst du die Verstärker mit einer eingebauten Anzeigeeinrichtung, die zeigt, wie stark die einzelnen Töne in der Musik, die du gerade anhörst, sind. Hierbei kannst du Säulen sehen, die im Rhythmus der Musik hoch und runter hüpfen. Unter den einzelnen Säulen steht, welche der Frequenz das gehörte Signal der Säule entspricht, z. B.: 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz usw.

Für eine hochqualitative Musikvorführung ist es absolut erforderlich, daß der Verstärker gleichmäßig alle Töne verstärkt. Wie könnten wir dies überprüfen? Wir müßten eine Signalquelle haben, die an Verstärker angeschlossen sein wäre, an dem Verstärkerausgang aber die Kraft messen würde. An der Quelle würden wir dann eine Signalfrequenz aufstellen und die Stärke des Verstärkers ausmessen.

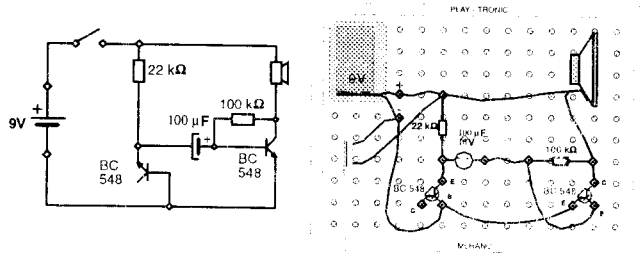


Bild 64

Dann würden wir bei gleich starkem Signal die Frequenz verändern und erneut die Stärke ausmessen. So könnten wir feststellen, welche Frequenzen der Verstärker besser verstärkt, welche weniger. Dann kön-

nten wir mit einem entsprechenden Regulator die "Verstärkung des Verstärkers" bei jeder Frequenz einzeln einstellen.

Es besteht ein Signal, in welchem schon die Töne aller Frequenzen gleichzeitig enthalten sind. Wenn wir eine Geräuschquelle hätten, würden wir sie an den Verstärkereingang anschließen und am Ausgang des Verstärkers die Kraft mit einem Instrument messen, das uns die Kraft bei den einzelnen Frequenzen zeigen kann. Solche Instrumente haben solche Säulenanzeigeeinrichtungen wie oben beschrieben. Dann können wir leicht und schnell alle Einstellungen des Verstärkers verrichten.

Eine solche Schaltung, die als Ausgangssignal ein Geräusch abgibt, ist im unteren Bild dargestellt. Als Element, welches das Geräusch abgibt, wurde eine Diode Emitter-Basis des Transistors BC 548 angewandt, die in der Schaltung so geschaltet ist, daß sie in die umgekehrte Richtung gedreht ist. Ein so angeschlossener Transistor gibt Geräusche von sich, die wir nachträglich verstärken können. Zu diesem Zweck verwenden wir einen Transistorverstärker. Wenn du bei dieser beschriebenen Schaltung auf die Taste drückst, hörst du aus dem Lautsprecher ein Geräusch.

65. TEMPERATUREMPFINDLICHER SCHALTER

Wir lernten jetzt schon das Funktionieren des Thermistors, Transistors und des Relais kennen. Das was du jetzt schon weißt reicht aus, auch ein wenig kompliziertere Schaltungen herstellen zu können.

Stelle dir vor, du hast einen Heizkörper und jetzt möchtest du, daß er sich dann von selber einschaltet, wenn die Temperatur auf einen vorgeschriebenen Wert gefallen ist. Dies wird dir die Schaltung im unteren Bild ermöglichen.

Der Thermistor und ein Abgleichwiderstand, die sich an der rechten Seite des Schaltplans befinden, stellen einen Spannungsverteiler dar. Wenn der Widerstandswert des Thermistors kleiner ist (das trifft bei höheren Temperaturen zu), ist die Ausgangsspannung des Verteilers höher. Auf den mittleren Punkt bzw. auf den Ausgang des Spannungsverteilers ist über den Widerstand die Transistorbasis geschaltet. Weil die Spannung an dem Transistor wächst, wächst auch der elektrische Strom in der Basis dieses Transistors und der Transistor ist geöffnet. Deshalb ist die

Spannung zwischen dem Kollektor und dem Emitter dieses Transistors niedrig, reduziert ist auch der Strom, der in die Basis des linken Transistors fließt, der Transistor schließt sich und die Leuchtdiode erlischt. Versuche dir vorzustellen, daß in der Schaltung anstatt der Leuchtdiode und des Widerstands von $1\text{ k}\Omega$ eine Relaiswicklung eingeschaltet ist, die mit ihren starken Kontakten den Heizkörper einschaltet oder aber bei der Zentralheizung das elektrische Ventil für das heiße Wasser öffnet.

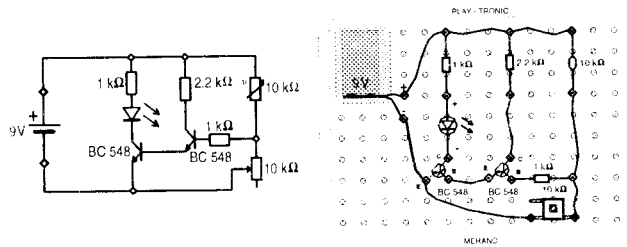


Bild 65

Wenn die Temperatur fällt, erhöht sich der Widerstandswert des Thermistors. Deshalb ist der linke Transistor zu, der rechte aber offen und die Leuchtdiode leuchtet auf.

Die Schaltung kann überall eingebaut werden, der Thermistor aber muß an der Stelle sein, an der wir die Temperatur regulieren möchten.

Zwischen dem Thermistor und der negativen Batterieklammer befindet sich ein Abgleichwiderstand bzw. ein Potentiometer. Wenn dieser Widerstand kleiner ist, fließt in die Basis des rechten Transistors weniger Strom. Damit der Stromzufluß in die Basis dieses Transistors stark genug ist das Relais einzuschalten, muß der Widerstandswert des Thermistors auf den niedrigsten Wert fallen, was auch bei höheren Temperaturen geschieht.

Dies bedeutet eigentlich, daß du mit der Stellungsveränderung des Potentiometersgleiters die Temperatur regulieren kannst, bei der sich der Heizkörper einschalten soll. Bei einem niedrigen Widerstandswert des

Potentiometers schaltet sich der Heizkörper bei einer höheren Temperatur ein und umgekehrt.

Wenn du die Schaltung aufgebaut hast, drehe die Achse des Potentiometers so, daß die Diode erlischt. Dann drehe sie ein wenig zurück, gerade soviel, daß die Leuchtdiode aufleuchtet. Dann fasse mit den Fingern den Thermistor. Dadurch erwärmst du ihn und die Leuchtdiode erlischt. Jetzt warte einige Zeit. Der Thermistor kühlt ab und die Leuchtdiode leuchtet erneut auf.

66. DIE ELEKTRISCHE KERZE

Um eine Kerze anzuzünden, benötigst du Wärme (z. B. das Feuer eines Streichholzes), um sie aber auszumachen genügt es, daß du sie anpustest. Die nächste Schaltung verhält sich ähnlich wie die Kerze.

Wenn du den Thermistor mit den Fingern erwärmst, fällt sein Widerstandswert. Deshalb ist an dem Thermistor eine niedrigere Spannung, in die Basis des rechten Transistors aber fließt mehr Strom hinein. Deshalb fließt auch in die Basis des linken Transistors ein stärkerer Strom, der Transistor öffnet sich und die Glühbirne leuchtet auf.

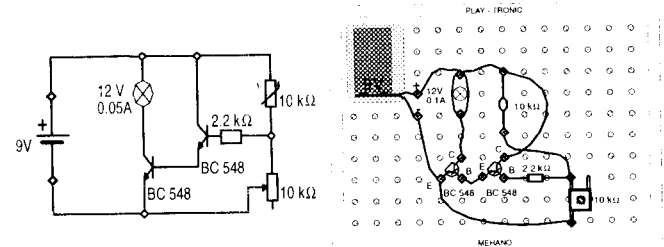


Bild 66

Wenn die Glühbirne und der Transistor sehr nah nebeneinander aufgestellt sind, erwärmt die Glühbirne mit ihrer Nähe den Transistor und deshalb leuchtet sie noch weiter.

Was muß man tun, damit die Glühbirne erlischt? Blase leicht in den Thermistor, so, daß du ihn ein wenig abkühlst. Wenn nötig, wiederhole das einige Male, die Glühbirne fängt langsam an zu erlöschen. Ein kühlerer Thermistor hat einen größeren Widerstand und deshalb fließt durch den Thermistor ein schwächerer Strom. Ein schwächerer Strom fließt auch in die Transistorbasis und deshalb auch in den Transistor. Die Glühbirne erlischt.

Stelle mit dem Abgleichwiderstand ein, bei welcher Temperatur die Glühbirne anfangen soll zu leuchten. Drehe die Achse des Potentiometers so, daß die Glühbirne erlischt. Jetzt warte einige Zeit, damit der Thermistor abkühlt. Dann drehe die Achse des Potentiometers so lange, bis die Glühlampe aufleuchtet, jetzt drehe die Achse schnell ein wenig zurück, so daß die Glühbirne nicht mehr leuchtet. Achte auf die Stellung von Thermistor und Glühbirne zueinander. Der Glühfaden sollte, so weit dies möglich ist, dem Thermistor sehr nah sein.

67. TEMPERATURVERÄNDERUNGSMELDER

Manchmal möchten wir wissen, ob sich die Temperatur von der vorbestimmten nach oben oder nach unten verändert hat. Dafür können wir eine Schaltung anwenden, die der unten ähnlich ist.

Das Charakteristische dieser Schaltung ist die Art, wie die beiden Transistoren eingeschaltet sind. Der elektrische Strom, der aus dem Emitter fließt, fließt durch einen gemeinsamen $1\text{ k}\Omega$ Widerstand. Dieser Widerstand bestimmt, wieviel Strom durch die beiden Transistoren zusammen fließen darf. Natürlich fließt mehr Strom durch den Transistor, der einen niedrigeren Widerstandswert hat. Da der Strom durch den rechten und linken Transistor oder durch beide gleich fließen kann, nennen wir diese Schaltung die Waagebalkenschaltung. Die Schaltung reagiert auf den Unterschied zwischen den Punkten a und b. Wenn diese Spannungen gleich sind, ist die Schaltung im Gleichgewicht. Dann leuchten beide Leuchtdioden gleich stark.

Die Situation ist ähnlich der auf der Wippe: eine Seite ist entweder unten oder oben, wenn sich die beiden Kinder ein wenig bemühen, kann die Schaukel im Gleichgewicht sein. Also, wenn in die beiden Basen der gleiche Strom zugeführt wird, ist auch die Waagebalkenschaltung im

Gleichgewicht und beide Transistoren haben den gleichen Widerstandswert. Deshalb leuchten die beiden Leuchtdioden gleich stark.

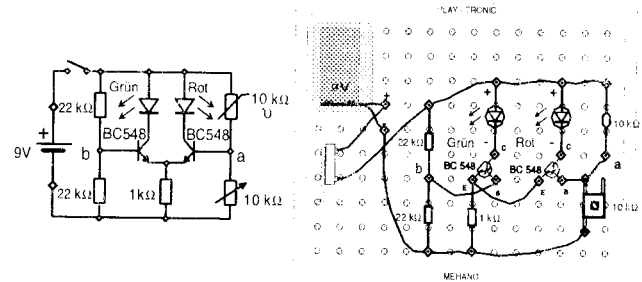


Bild 67

Wenn sich der Thermistor erwärmt, fällt sein Widerstandswert. Deshalb ist die Spannung am Punkt a ein wenig höher als die am Punkt b. Deswegen ist der rechte Transistor mehr geöffnet als der linke und die rechte (rote) Leuchtdiode leuchtet stärker als vorher, die linke (grüne) aber schwächer.

Sobald sich der Thermistor abkühlt, fällt die Spannung am Punkt a ein wenig. Jetzt ist die Spannung am Punkt b höher als die am Punkt a. Der rechte Transistor ist jetzt mehr geöffnet und die grüne Diode leuchtet stärker als vorher, die rote aber schwächer.

Mit dem Potentiometer, der in der Schaltung als Abgleichwiderstand eingeschaltet ist, stellen wir jetzt ein, bei welcher Temperatur (bzw. Widerstandswert des Thermistors) die Schaltung im Gleichgewicht ist. Dann leuchten beide Leuchtdioden gleich stark. Wenn die Temperatur dann fällt, leuchtet die grüne Diode mehr, die rote aber weniger. Bei der Temperaturerhöhung ist die Rolle der Leuchtdioden vertauscht.

Ein Blick auf die beiden Leuchtdioden genügt, um zu erfahren, ob die Temperatur in der Nähe des Thermistors höher oder aber gleich der eingestellten ist.

68. GENAU BESTIMMTER FLÜSSIGKEITSNIVEAU-MELDER IM RESERVOIR

Die Schaltung wurde aus der Waagebalkenschaltung von Transistoren hergestellt, die im vorherige Beispiel beschrieben wurde. Jetzt ist natürlich der Melder der Arbeit mit den Flüssigkeiten angepaßt. Dies können zwei lange, parallel liegende nicht isolierte Drähte sein. Wenn das Flüssigkeitsniveau im Reservoir steigt, verändert sich der Widerstandswert zwischen den Drähten, die senkrecht an der Reservoirwand angebracht sind.

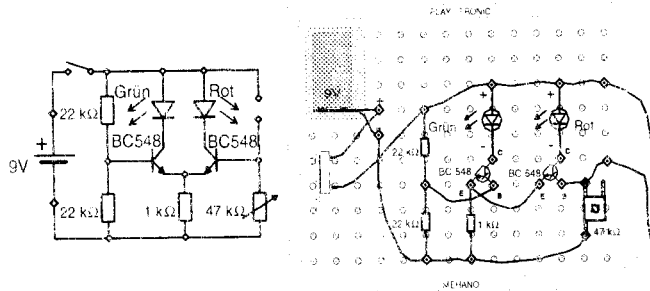


Bild 68

Da der Widerstandswert der Flüssigkeiten von Fall zu Fall verschieden ist, muß auf die Auswahl und die Einstellung des Abgleichwiderstands aufgepaßt werden. In diesem Beispiel ist auf der Zeichnung ein Abgleichwiderstand von 47 kΩ eingezeichnet.

69. LOGISCHER INVERTER (NOT)

Wahrscheinlich hast du dich schon mit der Frage gequält, wie die Computer funktionieren? Wenn es auch noch so unwahrscheinlich erscheint, auch ein noch so komplizierter Computer ist aus sehr einfachen Schaltungen zusammengesetzt.

Die Computer können nicht rechnen und mit den Zahlen so umgehen, wie wir Menschen es tun. Auch die Schaltungen können nicht einfach so zusammenzählen und rechnen, wie wir es tun. Bei den Computern sind alle Befehle und Daten mit einem Zeichen aufgeschrieben, die nur Nullen (0) und Einsen (1) enthalten. Die Null und die Eins können wir uns als "Spannung nein" und "Spannung ja" vorstellen. In die Details der Datenschrift und Befehle wollen wir hier nicht gehen. Wir wollen dir hier aber die Grundschaltungen klarlegen, von denen es viele in jedem Computer oder im integrierten Schaltkreis des Computers gibt. Weil sich die englischsprechenden Wissenschaftlern als erste mit derartigen Schaltungen befaßten, werden sie häufig mit englischen Namen bezeichnet. In den Untertiteln sind diese Bezeichnungen in Klammern angeführt. Die logischen Signale können wir so verfolgen, indem wir die Leuchtdiode beobachten, die leuchtet oder nicht. Wir werden so sagen, daß wir die logische 1 als Eingangsangabe dann haben, wenn die Eingangsklemme an den positiven Batterieanschluß geschaltet ist, die logische 0 aber dann, wenn die Eingangsklemme an den negativen Batterieanschluß gekoppelt ist.

Am Ausgang der Schaltung ist die logische 1 dann, wenn die Leuchtdiode leuchtet, die logische 0 aber dann, wenn sie nicht leuchtet. Das Verhalten einer jeden Digitalschaltung können wir mit einer Tabelle beschreiben, in der sich die logischen Zustände am Eingang (bzw. an den Eingängen, wenn es mehrere sind) und am Ausgang (bzw. den Ausgängen, wenn es mehrere gibt) befinden. Eine solche Tabelle nennen wir Regeitabelle.

Bei unseren Schaltungen werden wir uns auf solche mit höchstens zwei Eingängen beschränken. Bei allen unseren Schaltungen ist veranschaulicht, wo die Eingänge, wo nur eine Schaltung und wo der Ausgang ist. Da aber einige Schaltungen zwei Eingänge haben, sich im Set aber nur eine Taste befindet, kannst du dir damit helfen, daß du mit dem kleinen Draht, der an die Eingangsfederklemme angeschlossen ist, einmal den positiven Batterieanschluß (logische 1) berührst, das zweite Mal aber das negative Batterieanschluß (logische 0).

Die einfachste logische Schaltung ist der Inverter. Das ist eine Schaltung, die die Bedeutung des Eingangssignals umdreht. Also, wenn wir am Eingang eine logische 1 haben, werden wir am Ausgang eine logische 0

haben und umgekehrt.

Die Regeltabelle des Inverters ist die:

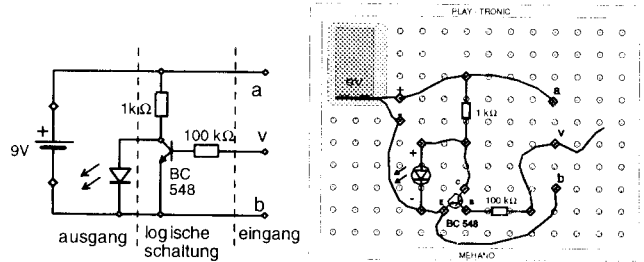


Bild 69

EINGANG	AUSGANG
0	1
1	0

Die Schaltung, die als Inverter angewendet wurde, ist genau genommen ein Transistorschalter, an welchem wir beobachten können, ob der Transistor offen oder zu ist. Wenn die Eingangsklemme an den positiven Batterieanschluß angeschlossen ist, ist der Transistor geöffnet und hat deswegen einen sehr kleinen Widerstandswert. Die parallel mit ihm angeschlossene Leuchtdiode wird deshalb nicht leuchten.

Wenn die Eingangsklemme an den negativen Batterieanschluß angeschlossen ist, ist der Transistor geschlossen. Der Transistor hat deshalb einen sehr großen Widerstandswert. Deshalb fließt der elektrische Strom vom positiven Batterieanschluß durch den Widerstand von 1 kΩ und dann durch die Leuchtdiode, die deshalb leuchtet.

70. ZWEI IN REIHE GESCHALTETE INVERTER

Die Ausgänge und Eingänge der logischen Schaltungen können wir

untereinander so verbinden, daß wir neue Schaltungen erhalten. Auf diese Weise können wir mit einfachen logischen Schaltkreisen Schaltungen mit sehr komplizierten Funktionen zwischen dem Eingangs- und Ausgangszustand erhalten.

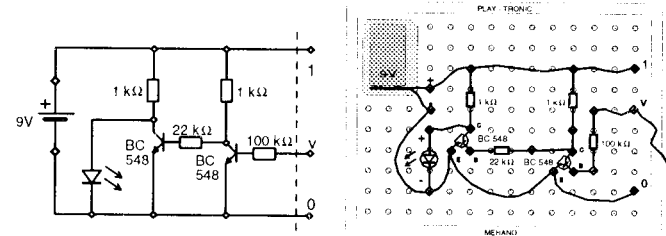


Bild 70

Hier haben wir ein sehr einfaches Beispiel: zwei in Reihe geschaltete Inverter. Wie die Regeltabelle ist, können wir erraten: wenn der erste Inverter die Bedeutung des logischen Signals umdreht, dreht ihn der andere Inverter nochmals um. Deshalb haben wir am Ausgang ein Signal, gleich jenem am Eingang. Die Regeltabelle solcher Schaltung ist dann:

EINGANG	AUSGANG
0	0
1	1

71. DAS LOGISCHE "ODER" (OR)

Bei dieser Schaltung leuchtet die Leuchtdiode erst dann, wenn zwischen irgendwelchen Eingangsanschlüssen der logische Zustand 1 ist.

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

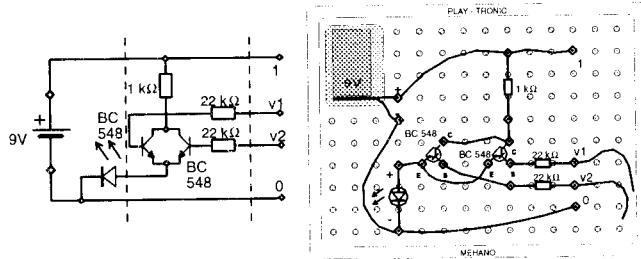


Bild 71

In der Schaltung befinden sich zwei Transistoren mit verbundenem Emittter und Kollektor die zusammen eingeschaltet sind. Wenn irgendeiner von ihnen offen ist, fließt der Strom durch den Widerstand von 1 kΩ, den Transistor und dann noch durch die Leuchtdiode. Der Transistor ist dann offen, wenn du mit dem Draht die positive Batterieklamme berührst.

72. DAS LOGISCHE "UND" (AND)

Bei dieser Schaltung sind die Transistorschalter in Reihe geschaltet. Der elektrische Strom fließt nur dann durch die Leuchtdiode, wenn beide Transistoren offen sind. Das bedeutet, daß beide Eingänge an den positiven Batterieanschluß angeschlossen sein müssen, bzw. sie müssen den Zustand einer logischen Eins haben. Mit der Regeltabelle würden wir das oben Erwähnte folgendermaßen aufschreiben:

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

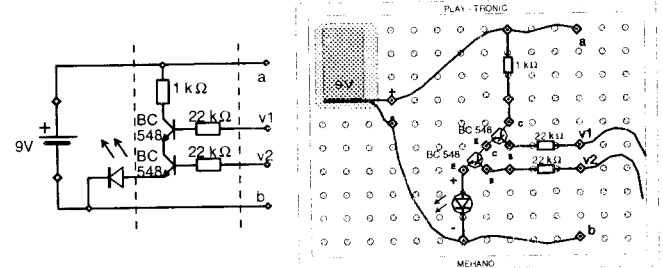


Bild 72

73. DAS LOGISCHE "VERNEINTE ODER" (NOT OR BZW. NOR)

Auch in dieser Schaltung sind zwei parallel geschaltete Schalter angewandt worden. Mit der Leuchtdiode können wir beobachten, wann die beiden Transistoren sich schließen werden, bzw. die beiden Transistorschalter offen sind. Dann haben die beiden Transistoren einen sehr großen Widerstandswert und der elektrische Strom kann mit Leichtigkeit durch die Diode fließen, die deshalb auch leuchtet. Die Regeltabelle für eine solche Schaltung ist:

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Jetzt schaue die Regeltabelle für die Schaltung OR an. Bei der OR-Schaltung ist das Ausgangssignal umgekehrt zu (verneint) jenem, welchen wir bei OR hatten.

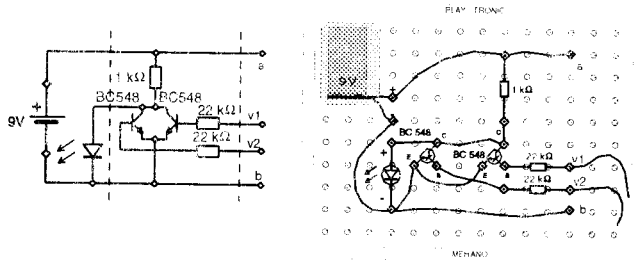


Bild 73

74. DAS LOGISCHE "VERNEINTE UND" (NOT AND BZW. NAND)

Wenn du dich erinnern kannst, wie die Regeltabelle bei der Schaltung AND aussieht, hat die Regeltabelle bei dieser Schaltung eine umgekehrte Bedeutung am Ausgang.

Also:

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Bei dieser Schaltung können wir beobachten, wann die Transistorschalter gleichzeitig eingeschaltet sind. Wenn du mit den beiden kleinen Drähten den positive Batterieanschluß berührst, fließt der Strom in die Basis beider Transistoren, und beide Transistoren öffnen sich.

Deshalb ist die Leuchtdiode parallel mit einem kleinen Widerstandswert eingeschaltet und leuchtet nicht. Wenn von den Transistoren einer (oder beide) zu ist, egal welcher, stellt er einen großen Widerstandswert dar und durch ihn fließt kein Strom. Deshalb wird in der Leuchtdiode genug Spannung vorhanden sein, daß sie leuchtet.

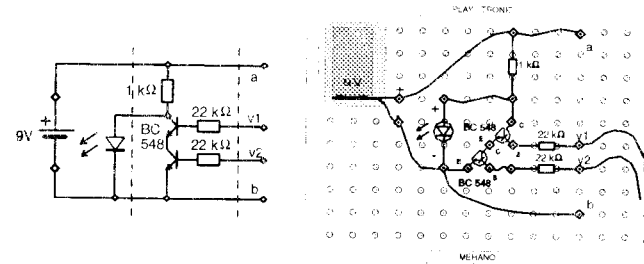


Bild 74

75. DAS LOGISCHE NAND, HERGESTELLT AUS AND UND NOT

Wir erwähnten schon, daß wir den Inverter immer anwenden können, um mit ihm die Bedeutung eines Signals umzudrehen. So können wir das gleiche Ergebnis erhalten wie im vorherigen Beispiel, wenn wir den Ausgang der AND-Schaltung an den Inverter bringen.

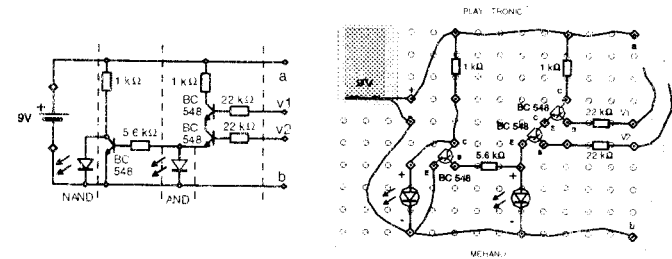


Bild 75

Wenn wir nur die Funktionen NAND benötigen, können wir schon die beschriebene Schaltung anwenden, weil in ihr weniger Elemente sind wie in der hier beschriebenen. Wenn wir aber wegen eines bestimmten Grundes gleichzeitig die Schaltungen AND und NAND benötigen,

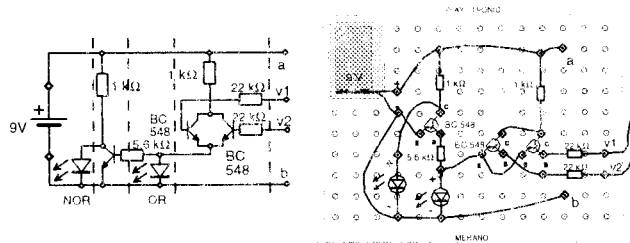
brauchen wir deswegen nicht beide Schaltungen herstellen, sondern es genügt, daß wir nur die AND-Schaltung und einen Inverter herstellen. Solche Schaltung wird ein wenig einfacher sein. Bei sehr komplizierten logischen Schaltungen sind die Planer wegen des Preises und des Platzes, welchen die Schaltung benötigt, gezwungen, solche "Kleinigkeiten" zu berücksichtigen.

Vorausgesetzt, wir benötigen eine Funktion AND und NAND. So erhalten wir folgende Regeltabelle:

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG AND	AUSGANG NAND
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1

76. DAS LOGISCHE NOR, HERGESTELLT AUS OR UND NOT

Bild 76



So wie wir die logische Schaltung NAND mit AND- und NOT-Schaltung herstellten, können wir auf ähnliche Weise die logische NOR-Schaltung aus der OR- und NOT-Schaltung herstellen. Dabei haben wir zwei Ausgänge zur Verfügung: OR und NOR. Die Regeltabelle für eine solche Schaltung ist:

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG OR	AUSGANG NOR
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

77. ZUSAMMENSETZUNGSBEISPIEL DER LOGISCHEN FUNKTIONEN

Vorausgesetzt wir haben eine Schaltung, wie im unteren Bild dargestellt ist. Die Schaltung ist so hergestellt, daß in der logischen OR-Schaltung die Bedeutung des Ausgangssignals umgedreht ist. Wie wird die Regeltabelle für die gesamte Schaltung aussehen?

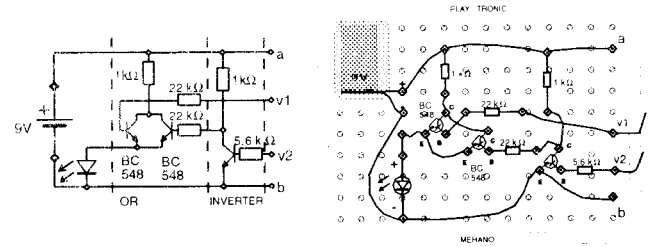


Bild 77

Für die OR-Schaltung ist uns die Regeltabelle schon bekannt. Erweitern wir sie jetzt in solchem Maße, daß wir für den Eingang 1 zusätzlich feststellen müssen, wie das Signal am Inverterausgang ist. Für das Signal am Ausgang des Inverters und das Eingangssignal 2 setzen wir dann die Regeltabelle in Hinblick darauf zusammen, was in der Regeltabelle für die OR-Schaltung aufgeschrieben ist. So bekommen wir folgende Regeltabelle:

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG INVERTER	AUSGANG SCHALTUNG
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	1	1

Die Regeltabelle für die gesamte Schaltung ist also diese:

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Die hier dargestellte Schaltung ist sehr einfach. Du kannst dir denken, daß wir für sehr komplizierte logische Funktionen auch sehr komplizierte logische Schaltungen benötigen.

78. DIE LOGISCHE FLIP-FLOPSCHALTUNG

Erinnere dich an die zwei in Reihe geschalteten Inverter: das Signal am Ausgang der Schaltung war gleich jenem Signal, die die Schaltung am Eingang hatte. Wenn dies so ist, könnten wir den Eingang und den Ausgang der Schaltung untereinander verbinden. Dann ist der Zustand der Signale in der Schaltung fest erhalten.

Wir schalten die Leuchtdioden in die Schaltung so ein, daß sie bei jedem der Transistoren parallel mit dem Widerstand von 1 k Ω zwischen dem positiven Batterieanschluß und dem Kollektor verbunden sind. Wenn wir jetzt die Schaltung so aufzeichnen, daß die Basen der beiden Transistoren gegeneinander gedreht sind, erhalten wir den unten veranschaulichten Schaltplan. Aus der Zeichnung ist sehr schön zu ersehen, daß die Basis einer der Transistoren über den Widerstand an den Kollektor des anderen angeschlossen ist.

Was passiert, wenn wir die Schaltung an die Batteriespannung

anschließen? Obwohl die linke Seite vom Aussehen her genauso wie die rechte ist, ist dies nicht wahr. Obwohl die Transistoren vom gleichen Typ sind, sind sie nicht gleich. Das gleiche gilt auch für die Widerstände, die den gleichen Widerstandswert haben sollten. Schon wegen der Produktionsverfahren haben zwei Widerstände nicht genau den gleichen Widerstandswert. Deshalb können wir mit Sicherheit nicht wissen, welcher Transistor offen, welcher zu sein wird. Kennzeichnen wir den linken Transistor mit T1, den linken aber mit T2. Jetzt soll der Zustand nach dem Anschließen an den Batteriespannung so sein, daß der Transistor T1 offen ist. Deshalb stellt der Transistor einen sehr kleinen Widerstandswert dar. Der Kollektor dieses Transistors ist der Ausgang des Spannungsverteilers, welchen der Transistor T1 und der Widerstand zwischen seinem Kollektor und dem positiven Batterieanschluß bildet. Der Widerstandswert der Leuchtdiode ist für diese Abhandlung vernachlässigbar. Wegen des niedrigen Widerstandswertes des Transistors T1 wird am Ausgang dieses Verteiler die Spannung sehr klein sein. Diese niedrige Spannung wird den Strom der Basis des Transistors T2 nicht zuführen können, der deshalb geschlossen ist und so eine große Spannung darstellt.

Der Transistor T2 und der Widerstand (sowie die Leuchtdiode, die wir in dieser Abhandlung vernachlässigen können) bilden der rechten Seite der Schaltung zwischen ihrem Kollektor und dem positiven Batterieanschluß einen Spannungsverteiler, dessen Ausgang sich an der Kollektorklemme befindet. Weil der Transistor T2 geschlossen ist und einen großen Widerstandswert darstellt, ist die Spannung zwischen dem Emitter und dem Kollektor groß. Deshalb fließt in die Basis des Transistors T1 der Strom, der diesen Transistor offen hält. Kurz gesagt, ein geschlossener Kreis, in welchem der offene Transistor T1 den Transistor T2 zuhält. Natürlich hält ebenfalls der Transistor T2 den Transistor T1 offen. Der Zustand in dieser Schaltung ist stabil und wenn wir ihn verändern wollen, muß dies von außen geschehen.

Wenn wir die Basis des Transistors, der offen ist, für einen Augenblick mit dem Emitter schließen, wird der elektrische Strom nicht in die Basis geführt und der Transistor wäre deshalb für einen kurzen Moment geschlossen. Die Spannung an seinen Kollektor erhöht sich, der Strom wird in die Basis des anderen Transistors geführt, der wegen dem oben

beschriebenen Zustand offen bleibt. Wenn wir noch einmal den Zustand in der Schaltung umstürzen wollen, ist es für einen Moment erforderlich mit der Masse bzw. mit dem negativen Batterieanschluß die Transistorbasis, die jetzt offen ist, zu sperren.

Jetzt stelle die Schaltung her, die im folgenden Bild dargestellt ist. Wenn du die Schaltung an die Batteriespannung anschließt wird eine Leuchtdiode leuchten, die andere nicht. Mit dem kleinen Draht, der an den negativen Batterieanschluß angeschlossen ist, berühre abwechselnd die Klemmen a und b. Einmal wird die linke, das andere Mal die rechte Leuchtdiode leuchten. Wenn du mit dem Draht die Basis des Transistors, der im Augenblick offen ist (die Leuchtdiode, die an sein Kollektor angeschlossen ist, leuchtet) berührst, erlischt seine Leuchtdiode und es leuchtet jene am anderen Transistor auf.

In der Schaltung haben wir den Zustand mit Einfluß von außen verändert. Dadurch haben wir den Prozeß der Zustandsveränderung in der Schaltung ausgelöst, deshalb nennen wir es "Auslösen". In unserem Beispiel haben wir die Veränderung so ausgelöst, daß wir die Basis des augenblicklich geöffneten Transistors für einen Moment kurz mit der Masse geschlossen haben.

Die Schaltungen, die einen Aufbau ähnlich der hier beschriebenen haben, nennen wir Multivibratoren. Die hier beschriebene Schaltung kann zwei unterschiedliche, ansonsten aber gleichwertige stabile Zustände haben. Deshalb sagen wir, die Schaltung ist "Flip-Flop".

Diese Schaltung ist also ein Flip-Flop-Multivibrator. Die Fachleute benutzen einfach das Fremdwort, denn das Übersetzen der Benennungen ist nicht immer angebracht. Flip-Flop-Multivibrator könnten wir etwa als einen "zweigleichgewichtigen Mehrfach- oder Kippschwinger" übersetzen, was wahrscheinlich einen noch so ernststen Menschen zum Lachen bringen würde ...

Die Funktionsart des Flip-Flop-Multivibrator ist geeignet und kommt wie gerufen für das Ein- und Ausschalten von Anlagen mit zwei Tasten. Mit der einen Taste können wir die Anlage ein-, mit der anderen aber ausschalten. Ähnliche Anlagen hast du bestimmt des öfteren schon gesehen. In dem hier beschriebenen Beispiel könnte wir zwischen der Klemme a und dem negativen Batterieanschluß sowie der Klemme b und dem negativen Batterieanschluß einfach zwei Tasten einsetzen. An Stelle

des Widerstands von $1\text{ k}\Omega$ und der hintereinandergeschalteten Leuchtdiode, könnten wir uns vorstellen, daß hier die Wicklung irgendeines Relais, mit welchem wir dann eine Großanlage einschalten können, eingesetzt ist.

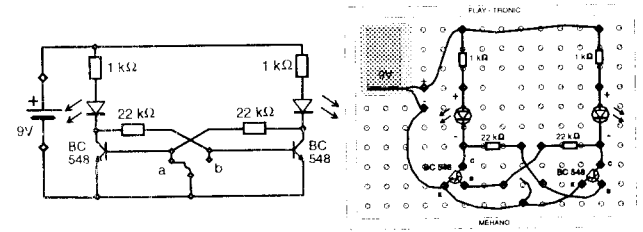


Bild 78

79. NOCH EINE AUSLÖSUNGSART DES FLIP-FLOP-MULTIVIBRATORS

Den Zustand in dem Flip-Flop-Multivibrator, kannst du auch auf eine andere Art umkippen. In diesem Fall ist die Schaltung ähnlich jener, die wir gerade durchgenommen haben. Der Unterschied liegt nur in der Auslösung der Schaltung. Die Schaltung wird dann ausgelöst wenn wir mit äußerem Einfluß den augenblicklich geöffneten Transistor sperren oder den augenblicklich gesperrten öffnen.

Berühre mit dem kleinen Draht den Kollektor jenes Transistors, der augenblicklich gesperrt ist und dessen Leuchtdiode nicht leuchtet. Deshalb wird in ihm ein Kurzschluß sein. In der Basis des anderen Transistors wird kein Strom mehr zugeführt, deshalb wird dieses Transistor gesperrt und der Zustand der Schaltung kippt um.

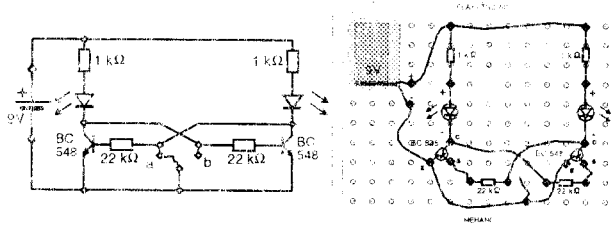


Bild 79

80. AUSLÖSUNG DES FLIP-FLOP-MULTIVIBRATORS MIT STROM IN DIE BASIS

Den Zustand der Schaltung können wir auch so umkippen, daß wir vom positiven Batterieanschluß über den Widerstand den Strom in die Basis jenes Transistors führen, der augenblicklich gesperrt ist. Deshalb öffnet sich dieser Transistor und der Zustand der Schaltung verändert sich. Hier haben wir dir jetzt drei unterschiedliche Veränderungsarten des Zustands in solchen Schaltung beschrieben. Alle Arten sind gleich wirkungsvoll. Welche wir jetzt anwenden, ist von den Forderungen abhängig, die die Anwendungsart der Schaltung fordert.

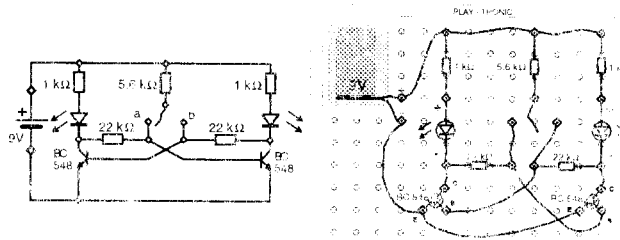


Bild 80

81. FLIP-FLOP-MULTIVIBRATOR UND SENSORIASTEN

In diesem Versuch lösen wir den Flip-Flop-Multivibrator so aus, daß wir in die Basis des Transistors den Strom unmittelbar von dem positiven Batterieanschluß zuführen.

Dies können wir auch über die Sensortasten durchführen. Erinnerung dich, die Haut des Fingers hat einen bestimmten Widerstandswert!

Stelle jetzt die Federklemmen a und b so auf, daß zwischen Ihnen eine Federklemme liegt, die mit dem positiven Batterieanschluß verbunden ist. Wenn du nun mit dem Finger die Federklemme a bzw. b und die dazwischenliegende Klemme berührst, wird sich der Zustand des Multivibrators verändern. Die rote und die grüne Leuchtdiode könnten in dem Fall auch bedeuten: "die Anlage funktioniert" und "die Anlage ist in Ruhezustand".

Zwischen den positiven Batterieanschluß und die mittlere Sensorklemme ist ein Widerstand eingesetzt worden. Der befindet sich deshalb dort, um zu verhindern, daß in die Basis des Transistors ein zu starker Strom geführt wird, der den Transistor zerstören könnte.

Wenn die Schaltung trotz des berührens der Sensorkontakte nicht den Zustand verändert, versuche die Sensoren vorsichtig mit einem angefeuchteten Finger zu berühren.

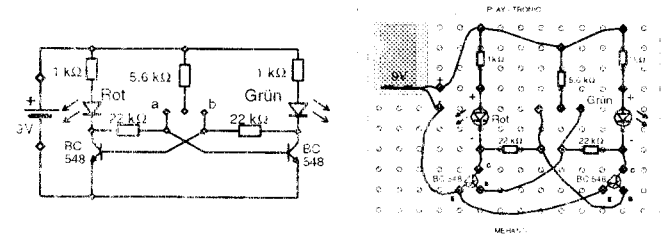


Bild 81

82. SPEICHERSCHALTUNG

Die Flip-Flop-Multivibratoren können in den Computern als Speicherschaltungen angewandt werden. Der Schaltungszustand ist sehr stabil und verändert sich so lange nicht, bis dies nicht von einem äußeren Einfluß verursacht wird.

Wenn die Speicherschaltung so hergestellt wäre, wie der oben dargestellte Flip-Flop-Multivibrator, würden bestimmte Schwierigkeiten auftreten: bei dem Flip-Flop-Multivibrator wissen wir nicht, in was für einen Zustand er sich stellen wird, wenn wir ihn an die Spannung anschließen. Das bedeutet, daß im Computerspeicher etwas wäre, von dem wir niemals mit Gewißheit wissen würden, was es ist.

Wenn der Kondensator leer ist, fließt in ihn der elektrische Strom hinein und lädt ihn langsam auf. Im leeren Kondensator ist keine Spannung vorhanden. Die Spannung an den Transistorklemmen fängt erst dann zu wachsen an, wenn der Kondensator anfängt sich aufzuladen. Der Kondensator ist mit Sicherheit leer, wenn er nicht an die Spannung angeschlossen war.

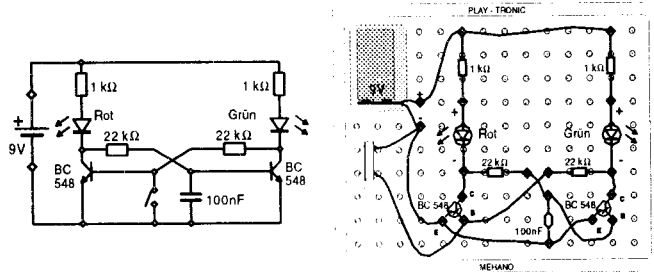


Bild 82

Setzen wir den Kondensator zwischen die Basis und den Emitter des Transistors im Flip-Flop-Multivibrator. Beim Anschließen der Schaltung an die Batteriespannung (schon leer) sichert der Kondensator zu, daß der

elektrische Strom, der eigentlich in die Basis des Transistors fließen würde, in den Kondensator geleitet wird. Auch wenn die Schaltung dazu geneigt wäre, daß dieser Transistor geöffnet wäre, verhindert dies der Kondensator.

Wegen diesem schon beschriebenen Geschehnis ist der zweite Transistor geöffnet. Deshalb leuchtet nach dem Anschließen des Multivibrators an die Batteriespannung immer die rote Leuchtdiode.

Drücke jetzt die Taste. Die Basis des rechten Transistors ist kurzgeschlossen an die Masse und deshalb ist der rechte Transistor gesperrt. Die rote Leuchtdiode erlischt, die grüne aber leuchtet.

Das dauert so lange, bis du die Batterie abklemmst (oder bis sie leer ist!). Wenn du aber bei der angeschlossenen Schaltung den Zustand wieder so verändern willst, daß die rote Leuchtdiode aufleuchtet, mußt du den Multivibrator noch einmal auslösen, und dies so, daß der rechte Transistor gesperrt ist. Dies kannst du zum Beispiel machen, indem du für einen Augenblick den Kondensator kurzschließt.

83. FLIP-FLOP-MULTIVIBRATOR ALS DUALVERTEILER

Erinnere dich: den Zustand des Flip-Flop-Multivibrators kannst du auch so umkippen, indem du den Kollektor des Transistors, der offen ist, für einen Augenblick mit der Masse kurzschließt. Am Kollektor des offenen Transistors ist die Spannung viel niedriger als jene, die sich am Kollektor des gesperrten Transistors befindet. Deshalb könnte vom Kollektor aus gegen den negativen Batterieanschluß bei gesperrtem Transistor durch den parallel aufgestellten Draht ein stärkerer Strom durchfließen.

Um den Zustand des Flip-Flop-Multivibrators zu verändern, dürfen wir nicht gleichzeitig beide Transistoren kurzschließen, weil wir sonst einen solchen Zustand erhalten würden, wie er beim Anschließen der Schaltung an den Batterieanschluß ist.

Wir wissen, daß eine Diode, die so angeschlossen ist, daß durch sie Strom fließt, einen niedrigen Widerstandswert darstellt. Die natürliche Funktion der Diode ist so, daß dann der Widerstandswert gleich Null ist, aber auch solche, daß an der Diode die Spannung etwa 0,6 V beträgt. Wir wissen auch, daß ein offener Transistor einen niedrigen Widerstandswert aufweist. Zwischen dem Kollektor und dem Emitter ist beim offenen

Transistor die Spannung schon viel niedriger als jene, sie hat höchstens ein Zehntel von einem Volt. Wenn du beim offenen Transistor zwischen Kollektor und Emitter noch eine Diode einschaltest, so beeinflusst dies nicht den Zustand in der Schaltung, denn der Strom fließt noch immer weiter durch den offenen Transistor mit niedrigerem Widerstandswert.

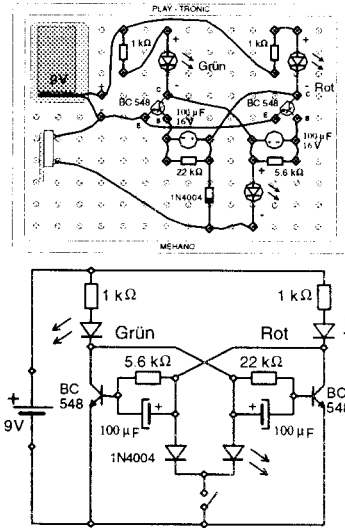


Bild 83

Kehren wir zu unserer Schaltung zurück. An die Kollektoren der beiden Transistoren sind zwei Dioden mit verbunden Kathoden angeschlossen. Eine von ihnen ist eine Leuchtdiode. Jetzt drücke mehrere Male die Taste! Der Zustand des Multivibrators verändert sich bei jedem Druck auf die Taste. Wenn du nämlich die Taste drückst, kann der elektrische Strom von der Kollektorklemme des Transistors durch die Diode in den negativen Batterieanschluß fließen. Der Strom fließt nur durch jene

Diode, die an den Kollektor des gesperrten Transistors angeschlossen ist. Beim offenen Transistor ist die Spannung zwischen dem Kollektor und Emitter niedriger als die Spannung, die erforderlich ist, daß durch die Diode bzw. Leuchtdiode Strom fließen würde. Deshalb beeinflusst der Druck auf die Taste die Schaltung so, daß sich der offene Transistor zusperrt und umgekehrt.

Beim Tastendrücken ist es gut zu sehen, daß bei jedem Drücken wechselseitig die linke und die rechte Leuchtdiode aufleuchtet. Die gleiche Diode leuchtet beim jedem zweiten Druck auf die Taste. Wenn wir das Einschalten einer Diode und die Tastenbetätigungen zählen würden, ist die Diode zweimal weniger eingeschaltet. Diese Schaltung können wir als für das Teilen durch 2 anwenden. Das Ausgangssignal eines solchen Schaltungsverteilers könnten wir zur Lenkung des nächsten anwenden und so die Schaltung erhalten, die sich durch 4 teilt. Mit der Kopplung solcher Teilschaltungen in die Reihe, könnten wir eine Schaltung bekommen, die durch 2, 4, 8, 16, 32 usw. geteilt wird.

Die Schaltung für die Teilung durch zwei ist das grundlegende Element aller Schaltungen, die teilen. Mit der Anwendung dieser Schaltungen, die durch zwei teilen und die logischen Schaltungen, die schon beschrieben wurden, können wir eine Schaltung errichten, die eine Teilung mit irgendeiner Zahl durchführt.

In der Schaltung sind parallel mit den beiden Widerständen, die an der Basis der Transistoren angeschlossen sind, noch zwei elektrolytische Kondensatoren dazugegeben. Die beiden Kondensatoren versichern, daß die durchgeführte Veränderung des Zustands auch bei kürzestem Druck auf die Tasten bleibt.

Beim Druck auf die Taste leuchtet die rote Leuchtdiode auf. Das kann eine Signalisierung ein, daß es zur Betätigung der Schaltung gekommen ist. Anstatt dieser Diode, könnte es auch eine einfache Diode sein, jedoch haben wir in unserem Set nur zwei einfache und drei Leuchtdioden zur Verfügung.

84. EIN- UND AUSSCHALTEN DES LICHTS MIT EINEM SCHALTER

Die Schaltung, die durch zwei teilt, kann auch für zahlreiche "nichtcomputerische" Anwendungsarten benutzt werde. Ein schönes Beispiel dieser Anwendung ist die Schaltung, bei der wir eine Anlage nur mit dem Druck auf einer Taste ein- und ausschalten.

In diesem Beispiel ist dargestellt, wie wir mit dem Druck auf die Taste die Glühbirne ein- und ausschalten. Die Leuchtdiode signalisiert den Druck auf die Steuertaste.

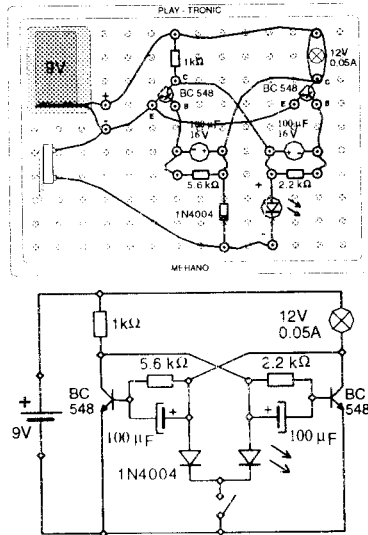


Bild 84

Anstatt der Glühbirne können wir in die Schaltung eine Relaiswicklung einbauen, die dann eine stärkere Anlage ein- oder ausschaltet, zum Beispiel einen Ventilatormotor oder die Flutlichter in einem Stadion ...

85. MONOSTABILER MULTIVIBRATOR

Der monostabile Multivibrator ist eine Schaltung, die nur einen stabilen Zustand hat. Wenn wir mit einem äußeren Einfluß den Zustand in der Schaltung verändern, wird sich die Schaltung nach einiger Zeit von selbst wieder in den stabilen Zustand versetzen.

Wenn du die Schaltung an die Spannung anschließt, leuchtet die grüne Leuchtdiode. Der linke Transistor hat einen großen Widerstandswert, deshalb ist zwischen dem Kollektor und dem Emitter eine hohe Spannung. Weil an der Basis des linken Transistors eine niedrige Spannung vorhanden ist, ist der elektrolytische Kondensator aufgeladen.

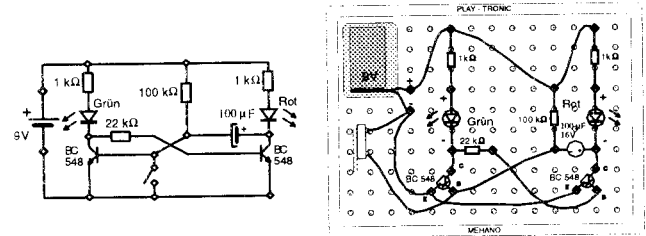


Bild 85

Drücke für einen Augenblick auf die Taste. Die Basis des linken Transistors ist mit dem Emitter kurzgeschlossen, in der Basis ist kein Strom mehr vorhanden und der Transistor schließt sich. Am Kollektor dieses Transistors ist deshalb eine hohe Spannung und der elektrische Strom kann in die Basis des rechten Transistors fließen. Der Zustand des Multivibrators kippt um. Der rechte Transistor verfügt jetzt über eine sehr niedrige Spannung und deshalb ist die positive Klemme des Transistors über ihn an den negativen Batterieanschluß angeschlossen. Jetzt fließt in diesen Kondensator von dem positiven Batterieanschluß durch den Widerstand von 100 kΩ der Strom, der ihn auflädt. Deshalb wächst die Spannung an der negativen Transistorklemme, solange sie nicht groß genug ist, um den Strom in die Basis des linken Transistors

zuführen. Der linke Transistor öffnet sich und der Zustand im Multivibrator kehrt in seinen ursprünglichen Zustand zurück.

Den monostabilen Multivibrator könnten wir für kurzzeitige Einschaltungen (wenn du den rechten anwendest) oder Ausschaltungen (wenn du den linken Transistor anwendest) benutzen. Jemand könnte sagen, daß wir Schaltungen, mit denen wir das durchführen könnten, schon behandelt haben und daß sie einfacher sind. Das ist wahr. Der Vorteil solcher Schaltungen mit monostabilem Multivibrator gegenüber denen, die für das Funktionieren die Aufladung oder die Leerung des Kondensators ausnützen, ist der, daß sich hier die Spannung am Ausgang im Augenblick verändert. Das können wir auch daran sehen, daß die Leuchtdiode im Augenblick aufleuchtet oder erlischt. Bei den Schaltungen, die vorher beschrieben wurden, veränderte sich die Spannung langsam. Wenn du dich erinnerst, hat sich dort die Leuchtdiode langsam an- bzw. ausgemacht.

86. AUSLÖSUNG DES MONOSTABILEN MULTIVIBRATORS MIT EINFLUSS AM KOLLEKTOR

So wie ein Flip-Flop-Multivibrator die Kraft auf mehrere Arten auslöst, können wir auch beim monostabilen Multivibrator die Auslösung auf mehrere Arten durchführen.

In diesem Beispiel führen wir die Auslösung am Kollektor des rechten Transistors durch. Im Normalzustand ist der Transistor geschlossen. Deshalb ist an seinem Kollektor die Spannung hoch. Weil an der Basis des Transistors höchstens 0,6 V liegt, ist der elektrolytische Kondensator aufgeladen.

Wenn du die Taste drückst, ist der Kollektor des rechten Transistors mit der Masse kurzgeschlossen. Die positive Elektrode des elektrolytischen Kondensators ist an der Masse. Da der Kondensator aufgeladen war, bedeutet dies, daß der negative Kondensatoranschluß jetzt an dem negativen Pol sein wird und der linke Transistor im Augenblick gesperrt ist. Jetzt beginnt durch den Widerstand von 100 k Ω der elektrische Strom in den Kondensator zu fließen.

Wenn die Spannung an der negativen Kondensator клемme so hoch wird, daß der Strom in die Basis des linken Transistors fließen kann, verändert

der Multivibrator wieder den Zustand, der jetzt stabil ist.

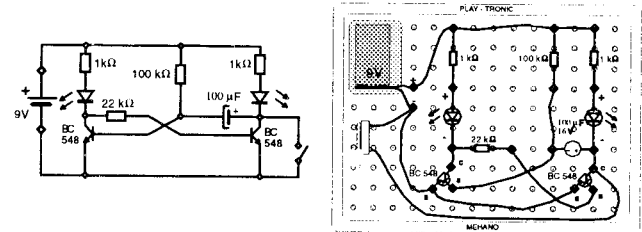


Bild 86

87. AUSLÖSUNG DES MONOSTABILEN MULTIVIBRATORS MIT STROM IN DIE BASIS

Die gleiche Wirkung, wie sie der kurzgeschlossene Kollektor des rechten Transistors mit der Masse hat, erreichen wir auch, wenn wir den rechten Transistor öffnen. Das erreichen wir mit zusätzlich zugeführtem Strom, der in die Basis dieser Transistors fließen sollte. Der Strom ist in der Basis des rechten, zwar gesperrten Transistors; zugeführt durch den 22 k Ω Widerstand.

So wie im Beispiel des stabilen Multivibrators haben wir auch im Beispiel des monostabilen Multivibrators drei Arten der Schaltungsauslösung dargestellt. Welche unter ihnen wir anwenden werden, ist von der Anwendung und den Auslöseimpulsen abhängig, die wir zur Verfügung haben.

Bei dem monostabilen Multivibrator sind die drei Arten der Auslösung nicht gleichwertig. Im ersten Beispiel, als wir die Basis des geöffneten Transistors kurzgeschlossen haben, hat sich der elektrolytische Kondensator viel weniger entleert als in den zwei anderen Beispielen. Die Spannung zwischen der Basis und dem Emitter des geöffneten Transistors beträgt nämlich 0,6 V. Deshalb verändert sich auch beim Druck auf die Taste die Spannung an den Klemmen des Kondensators nur um 0,6 V.

Im Fall der Auslösung am Kollektor oder an der Basis des Transistors, der im stabilen Zustand gesperrt ist, entleert sich der Kondensator im Ganzen. Deswegen ist mehr Zeit erforderlich, daß der Zustand in der Schaltung in die stabile Position zurückkehrt.

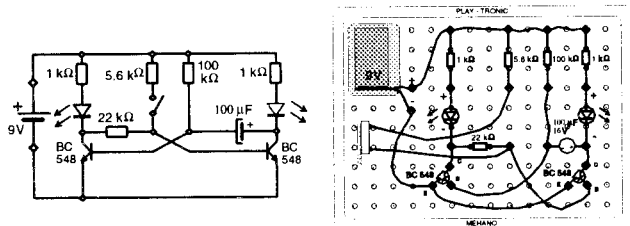


Bild 87

88. SCHALTER, EMPFINDLICH AUF GERÄUSCHE

Die Auslösung des monostabilen Multivibrators können wir auch ohne die Taste, mit einem fremden Element herstellen. In diesem Beispiel ist dargestellt, wie wir den monostabilen Multivibrator mit einem Signal auslösen, das aus dem Lautsprecher kommt, welchen wir als Mikrophon verwenden.

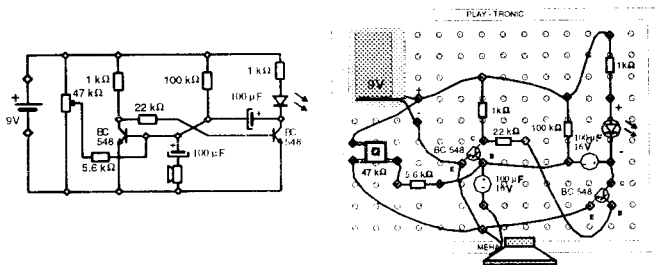


Bild 88

Solche Schaltung können wir z. B. als Alarm oder für das Anmachen der Lichter in einer Diskothek anwenden.

In Reihe mit dem Lautsprecher ist ein elektrolytischer Kondensator geschaltet, der verhindert, daß der Gleichstrom, durch den Lautsprecher fließt, zugleich aber für den Wechselstrom keine Hindernisse darstellt. Ansonsten ist die Schaltung ähnlich der aus dem vorherigen Beispiel. In dieser Schaltung wurde noch ein Potentiometer eingesetzt. Mit ihm kannst du die Empfindlichkeit der Schaltung einstellen. Wenn der Gleiter dem positiven Batterieanschluß näher ist, ist die Schaltung weniger empfindlich.

Wenn du die Schaltung aufgebaut und an die Batterie angeschlossen hast, muß du noch die Funktionseinstellung durchführen. Wenn die Leuchtdiode leuchtet, drehe die Achse des Potentiometers so, daß die Leuchtdiode aufhört zu leuchten. Jetzt drehe die Achse des Potentiometers so lange, bis die Leuchtdiode aufleuchtet. Warte bis sie erlischt. Wenn sie nicht erlischt, drehe die Achse des Potentiometers sanft zurück. Die Leuchtdiode wird erlöschen. Jetzt puste in den Lautsprecher oder klopfe mit dem Finger vorsichtig auf seine Membrane. Die Leuchtdiode leuchtet auf und brennt noch einige Sekunden lang.

89. LICHTREGLER

Wir sagten schon, daß wir den Transistor auch als Abgleichwiderstand verwenden können, dessen Widerstandswert von dem Strom abhängig ist, der in die Basis fließt. Diese Eigenschaft können wir leicht für die Spannungsveränderung zum Beispiel beim Gleichrichter anwenden.

Mit dem Potentiometer in der unteren Schaltung können wir die Spannung zwischen dem Emitter und dem negativen Batterieanschluß einstellen. Wir erwähnten schon, daß sich die Richtung Basis-Emitter bei dem Transistor wie eine Diode verhält, die von der Basis gegen den Emitter gedreht ist. Wenn der Transistor geöffnet ist, fließt durch ihn der elektrische Strom. Wir erwähnten aber auch, daß an der Diode, die an die Leitrichtung angeschlossen ist, die Spannung etwa 0,6 V beträgt. Das gleiche gilt auch für den Transistor: beim geöffneten Transistor ist zwischen der Basis und dem Emitter 0,6 V.

Wenn sich also zwischen der Basis des Transistors und dem negativen Batterieanschluß eine bestimmte Spannung befindet, ist zwischen dem Emittter und dem negativen Batterieanschluß die Spannung um 0,6 V niedriger. Wenn du jetzt bei der unteren Schaltung die Achse des Potentiometers drehst, verändert sich an ihm die Spannung zwischen 0 und 9 V. Gleichzeitig ist zwischen dem Emittter und dem negativen Batterieanschluß die Spannung 0,6 V kleiner als jene, die sich an dem Gleiter des Potentiometers befindet. Der Potentiometer hat einen ziemlich hohen Widerstandswert, deshalb fließt durch ihn ein schwächerer Strom. Durch einen Transistor kann viel stärkerer Strom durchfließen, der zwar mit bestimmten Elementen festgelegt ist, die zwischen der Emittterklemme und dem negativen Batterieanschluß geschaltet sind.

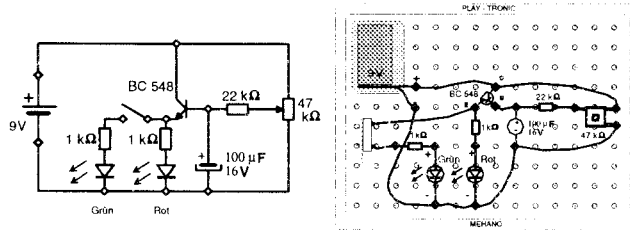


Bild 89

Hier sind zwischen dem Emittter und dem negativen Batterieanschluß ein Widerstand von 1 kΩ und eine Leuchtdiode geschaltet. Jetzt nehme ein Stück Draht und setze weit weg von dieser Diode noch einen Widerstand und eine Leuchtdiode ein. Wenn du mit der Taste die Leuchtdiode einschaltest, wird sich die Lichtstärke der ersten überhaupt nicht verändern. Das bedeutet, daß die übrige Spannung zwischen dem Emittter und dem negativen Batterieanschluß unverändert ist. Da jetzt durch den Transistor stärkerer Strom fließt (es leuchten beide Dioden), die Spannung zwischen dem Kollektor und dem Emittter sich aber nicht verändert hat, bedeutet dies, daß sich der Widerstandswert des Transistors verkleinert hat.

Wenn wir an Stelle des Transistors einen einfachen Widerstand hätten,

würde wegen des Anschließens der zweiten Leuchtdiode durch diesen Widerstand stärkerer Strom fließen. Weil der Strom stärker ist, wird an dem Widerstand höhere Spannung sein, an der Leuchtdiode aber würde die Spannung ein wenig fallen. Deshalb würde bei der Einschaltung der zweiten Diode die Lichtkraft der ersten ein wenig schwächer werden.

Diese Schaltung ist für die Regulierung der Spannung geeignet. Häufig nennen wir solche Schaltungen, bei welchen der Kollektor an den positiven Batterieanschluß geschaltet ist, die zwischen dem Emittter und dem negativen Batterieanschluß aber andere Elemente (z. B. eine Glühbirne) in der Schaltung haben, den Emittterfolger. Dieser Name entspricht vollkommen, denn die Spannung am Emittter folgt den Veränderungen der Spannung an der Basis und ist immer um 0,6 V niedriger als diese. Ein schönes Beispiel einer Anwendung solcher Schaltung wäre zum Beispiel im Lichtstärkeregulator einer Glühbirne.

90. ELEKTRISCHER SCHALTER MIT HYSTERESIS

Stelle die unten dargestellte Schaltung her. Drehe jetzt die Achse des Potentiometers nach rechts und nach links und beobachte, bei welcher Achsenposition des Potentiometers die Leuchtdiode erlischt oder in welcher sie aufleuchtet. Bestimmt hast du bemerkt, daß diese zwei Stellungen unterschiedlich sind. Um die Diode zum Leuchten zu bringen, muß die Spannung am Gleiter des Potentiometers viel höher als jene sein, bei der die Leuchtdiode erlischt.

Da die Spannung am Gleiter des Potentiometers, bei der die Leuchtdiode aufleuchtet, höher als die ist, bei der sie erlischt, können wir die zwei Punkte am Potentiometer markieren. Das Verhalten der Schaltung beim Drehen des Potentiometers in eine Richtung ist nicht gleich jener, wenn wir die Potentiometerachse zurück drehen. Eine solche Erscheinung, bei welcher sich bei der Veränderung in eine Richtung etwas unterscheidet von der Veränderung in die andere Richtung, nennen wir Hysteresis. Deshalb sagen wir auch, daß diese Schaltung eigentlich ein elektrischer Schalter mit Hysteresis ist.

Nehmen wir einmal an, daß der Gleiter des Potentiometers in einer solchen Position ist, daß er die Klemme berührt, die an den negativen

Batterieanschluß angeschlossen ist. Deshalb fließt in die Basis des rechten Transistors kein elektrischer Strom und dieser ist gesperrt. Deswegen ist an der Basis des linken Transistors die Spannung höher. In sie fließt der Strom durch den Widerstand von $5,6\text{ k}\Omega$ und der Transistor ist offen. Die Leuchtdiode leuchtet.

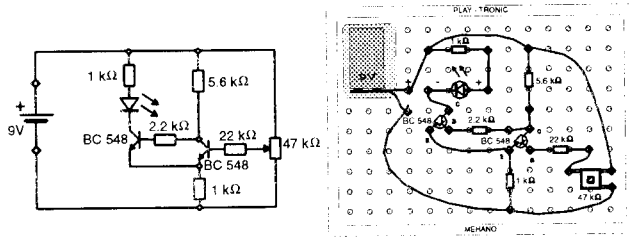


Bild 90

Wenn du jetzt die Achse des Potentiometers so drehst, daß sich die Spannung am Gleiter erhöht, wird auch der Stromfluß in die Basis des rechten Transistors beginnen sich langsam zu erhöhen. Der Strom durch den rechten Transistor fängt an stärker zu werden, sein Widerstandswert aber wird beginnen zu sinken. In die Basis des linken Transistors wird so ein etwas schwächerer Strom fließen. Deshalb schwächt sich der Strom durch den linken Transistor sehr schnell ab, viel schneller als der Strom durch den rechten Transistor wächst. Dieser Strom fließt durch den Widerstand, der gemeinsam für die Emitter beider Transistoren ist. Da der Strom durch den rechten Transistor sich langsamer stärkt als sich der Strom durch den linken Transistor schwächt, schwächte sich der gesamte Strom durch diesen Widerstand und auch die Spannung an ihm ist gefallen. Das ist genauso als wenn wir für einen Augenblick den Emitter an den rechten Transistor des Batterieanschlusses anschließen würden. Da die Spannung am Gleiter des Potentiometers unverändert ist, wird der rechte Transistor im Augenblick geöffnet sein, der linke aber gesperrt und die Leuchtdiode leuchtet nicht mehr. Wenn du jetzt die Achse des Potentiometers in die entgegengesetzte Richtung drehst, wird sich der gesamte Verlauf in umgekehrter Richtung abwickeln.

Fachleute nennen häufig eine solche Schaltung auch den Schmittschen Auslöser (vom engl. Wort Trigger = Auslöser).

91. BLINKLEUCHE

In dieser Schaltung wurde die Schmittsche Auslöserschaltung angewandt. Wenn durch die Schaltung ein starker Strom fließt, wird die Schaltung einen niedrigen Widerstandswert haben und umgekehrt. Wenn wir die unten dargestellte Schaltung an die Batterie anschließen, leuchtet die Glühbirne noch nicht.

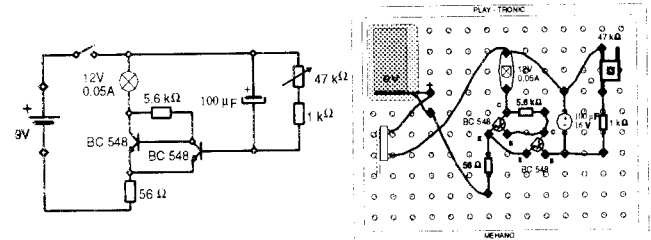


Bild 91

Am Anfang ist der elektrolytische Kondensator leer. Durch den leeren elektrolytischen Kondensator fließt der elektrische Strom in die Basis. Gleichzeitig wird wegen dem zugeführten Strom der Kondensator aufgeladen und die Spannung an den Klemmen erhöht sich. Das bedeutet, daß die Spannung zwischen der Basis und dem Emitter langsam fällt. In einem bestimmten Augenblick ist die Spannung zwischen der Basis und dem Emitter so niedrig, daß sich der erste Transistor schließt. Somit ist das Geschehen ausgelöst, wie wir es schon bei der Beschreibung der Schaltung mit der Hysterisis bzw. bei der Schmittschen Auslöserschaltung besprochen haben. Der andere Transistor öffnet sich und durch die Glühbirne fließt Strom. Dieser Strom fließt auch durch den Widerstand von $56\ \Omega$. Deshalb tritt an ihm eine Spannung auf. Das bedeutet, daß die Spannung zwischen der Basis des ersten Transistors und dem positiven Batterieanschluß niedriger ist. Der elektrolytische

Der rechte Transistor ist im Augenblick gesperrt. Die Leuchtdiode leuchtet.

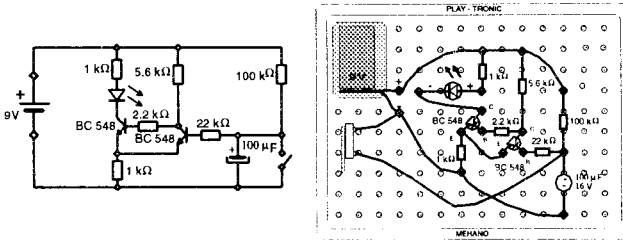


Bild 93

Der Kondensator beginnt sich langsam aufzuladen. Weil die Spannung an seinen Klemmen wächst, verstärkt sich auch der Strom in der Basis des ersten Transistors. Dies löst das Geschehen aus, das schon in der Darstellung aus der vorherigen Schaltung beschrieben wurde. Nach einiger Zeit wird sich der Zustand in der Schaltung verändern und die Leuchtdiode erlischt.

94. SYMMETRISCHER INSTABILER MULTIVIBRATOR

Manchmal benötigen wir ein Signal, bei welchem sich zwei Leuchten wechselseitig einschalten. Ein schönes Beispiel einer solchen Signalanlage ist das Leuchtsignal, welches wir bei heruntergelassenen Schranken an Bahnübergängen sehen können.

Die hier unten dargestellte Schaltung ist ein Beispiel, wie wir eine solche Signalisierung herstellen. Eine solche Schaltung nennen die Fachleute einen instabilen Multivibrator.

Wie funktioniert eine solche Schaltung? Um es uns leichter zu machen haben wir die Widerstände mit den Symbolen R1, R2, R3 und R4 gekennzeichnet, die beiden Kondensatoren sind C1 und C2, die Transistoren T1 und T2 und die beiden Leuchtdioden D1 und D2. Sieh dir bei der Erläuterung genau die Darstellung der Schaltung in dem Bild

94.

Mal angenommen, wir haben die Schaltung an die Spannung angeschlossen. Die linke Seite des Schemas ist genauso wie die rechte, trotzdem gibt es in der Natur keine zwei Elemente, die sich vollkommen gleich sind. Deshalb können wir voraussetzen, daß beim Anschluß der Schaltung an die Batterie die elektrischen Ströme so fließen, daß in die Basis des Transistors T1 etwas mehr Strom fließt als in die Basis des Transistors T2. Deshalb wird T1 offen sein. Die Spannung zwischen dem Kollektor und dem Emitter T1 ist sehr niedrig. Die linke Leuchtdiode leuchtet. Durch den Widerstand R2 fließt Strom, der den elektrolytischen Kondensator C1 auflädt.

Gleichzeitig ist der Transistor T2 gesperrt und wir können uns für einen Augenblick denken, daß er nicht in der Schaltung ist. Deshalb ist die rechte Klemme des Kondensators C2 über den Widerstand R4 und die Leuchtdiode an den positiven Batterieanschluß abgeschlossen, die linke Klemme aber an die Basis T1. Deshalb lädt sich C2 so auf, daß sich die positive Spannung an der rechten Seite des Kondensators befindet.

Nach einer bestimmten Zeit ist der Kondensator C1 so aufgeladen, daß der elektrische Strom in die Basis des Transistors T2 fließt. Deshalb öffnet sich der Transistor und hat einen niedrigen Widerstandswert. Die Spannung zwischen dem Kollektor und dem Emitter des Transistors T2 ist faktisch gleich Null. Die Spannung an der linken Klemme des Kondensators C2 ist niedriger als die an der rechten. Diese Spannung ist jetzt für den Transistor T1 so niedrig, daß im Augenblick der Strom aufhört in seine Basis zu fließen. Der Transistor T1 ist jetzt gesperrt, T2 ist aber offen, deshalb leuchtet die rechte Leuchtdiode. Der Kondensator C2 lädt sich jetzt durch den Widerstand R3 so auf, daß die linke Klemme positiv ist. C1 lädt sich aber durch den Widerstand R1 und die Diode auf, also ist auch seine linke Klemme positiv. Kurzum, die Rollen der beiden Transistoren sind jetzt umgekehrt als im vorigen Beispiel.

Der Vorgang wiederholt sich fortlaufend, deshalb leuchten auch die beiden Dioden D1 und D2 wechselseitig. Für dieses Schaltungsbeispiel können wir auch ungefähr die Zeit berechnen, in der die beiden Leuchtdioden leuchten.

Die linke Leuchtdiode bzw. D1 leuchtet ungefähr

$$t_1 = 0,7 \cdot C_1 \cdot R_2$$

die rechte aber

$$t_2 = 0,7 \cdot C_2 \cdot R_3.$$

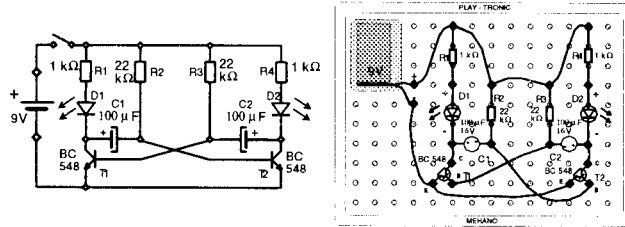


Bild 94

Wenn die linke und die rechte Hälfte der Schaltung gleich sind, leuchten die beiden Dioden gleichlang. Aus der Zeichnung kannst du ersehen, daß die beiden Kondensatoren eine Kapazität von 100 μ F bzw. 0,0001 F haben, die beiden entsprechenden Widerstände aber einen Widerstandswert von 22 k Ω bzw. 22.000 Ω .

Diese Werte setzen wir in die Gleichung und erhalten die ungefähre Zeit, in der jede der beiden Leuchtdioden leuchtet

$$t = 0,7 \cdot 0,0001 \cdot 22000$$

beziehungsweise

$$t = 1,54 \text{ s}$$

Jede Leuchtdiode leuchtet also ungefähr eineinhalb Sekunden.

95. VERÄNDERUNG DER ART DES FUNKTIONIERENS DES INSTABILEN MULTIVIBRATORS

Wir erwähnten schon, daß die linke und die rechte Leuchtdiode nur dann gleichlang leuchten, wenn die linke Seite der Schaltung genauso wie die rechte ist. Vorausgesetzt, daß die beiden elektrolytischen Kondensatoren

gleich sind! Wenn du jetzt die beiden mittleren Widerstände änderst, ändert sich die Einschaltzeit der einzelnen Dioden stark. Oben haben wir beschrieben, daß die beiden Dioden nur eine bestimmte Zeit leuchten, diese beträgt:

$$t = 0,7 \cdot C \cdot R_2$$

und

$$t_2 = 0,7 \cdot C \cdot R_3$$

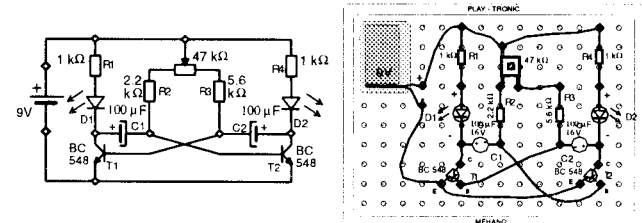


Bild 95

Wenn die beiden Kondensatoren gleich sind, leuchten die beiden Leuchtdioden zusammen

$$t = t_1 + t_2$$

beziehungsweise

$$t = 0,7 \cdot C \cdot R_2 + 0,7 \cdot C \cdot R_3.$$

So beträgt die Gesamtzeit des Betriebs

$$t = 0,7 \cdot C \cdot (R_2 + R_3).$$

In dieser Schaltung ist der Widerstand R2 eigentlich ein Widerstand von 2,2 k Ω und ein Teil des Widerstandswertes des Potentiometers zwischen dem linken Anschluß und dem rechten Gleiter, der Widerstand R3 aber ist ein Widerstand von 5,6 k Ω und ein Teil des Widerstandswertes des Potentiometers zwischen dem rechten Anschluß und dem Gleiter.

Deshalb ist der Gesamtwiderstandswert der beiden Widerstände $R3 + R2$ immer gleich, ungeachtet dessen, wie der Gleiter des Potentiometers eingesetzt ist. Das bedeutet, daß wir mit dem Drehen der Potentiometerachse das Verhältnis zwischen den beiden Zeiten, wenn die einzelnen Dioden leuchten, bestimmen können, die Gesamtzeit des Funktionierens beider Leuchtdioden aber bleibt unverändert.

96. LICHTREGULATOR MIT EINEM MULTIVIBRATOR

In diesem Buch haben wir den Lichtregulator (Dimmer) schon beschrieben. In ihm haben wir die Lichtstärke der Glühlampe reguliert, indem wir die Spannung an den Klemmen veränderten. Eine solche Art der Lichteinstellung können wir für Leuchten verwenden, die nicht bei niedriger Spannung funktionieren. Ein gutes Beispiel solcher Leuchten sind solche mit Fluoreszenzröhren. Bei solchen Leuchten können wir deren Eigenschaft ausnützen, daß sie nach dem Ausschalten erneut aufleuchten können, wenn nur die Zeit zwischen dem Ein- und Ausschalten nicht zu groß ist.

Vorausgesetzt, wir schalten ein solches Licht sehr schnell ein und aus. In diesem Fall können wir wegen der Natur des menschlichen Auges überhaupt nicht wahrnehmen, daß das Licht ausgeschaltet war. Bestimmen wir die Zeit zwischen zwei Ausschaltphasen. Wenn wir in dieser Zeit die Brenndauer des Lichts verändern, haben wir den Eindruck, daß wir die Stärke des Lichts verändern.

Zu diesem Zweck werden wir wie im zuvor beschriebenen Versuch, einen Multivibrator verwenden. Die Zeit zwischen den beiden ausgeschalteten Dioden darf nicht so lang sein, wie im obigen Versuch. Deshalb nimmst du jetzt anstatt der beiden $100 \mu\text{F}$ Kondensatoren den Kondensator mit einer Kapazität von 10 nF . Die Kapazität dieser Kondensatoren ist tausendmal kleiner und die Leuchtdiode blinkt tausendmal schneller, deshalb nimmst du das Blinken überhaupt nicht wahr. Wenn du jetzt die Achse des Potentiometers nach rechts und nach links drehst, verändert sich die Brenndauer der Leuchtdiode und du denkst, die Leuchtkraft der Leuchtdiode würde sich verändern.

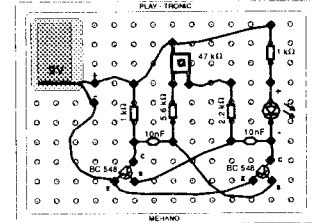
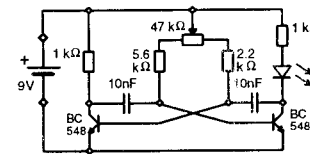


Bild 96

97. VERÄNDERUNG DER FREQUENZTÄTIGKEIT DES INSTABILEN MULTIVIBRATORS

Die Geschwindigkeit bzw. die Frequenzfähigkeit des instabilen Multivibrators kannst du so verändern, daß du einen oder beide mittlere Widerstände im Multivibrator veränderst. Wenn du die Frequenzfähigkeit verändern willst, mußt du den Wert der beiden mittleren Widerstände gleichzeitig verändern. Dies können wir vereinfachen, indem wir die beiden Widerstände teilweise vereinigen. So bekommen wir die Schaltung die auf dem unteren Bild 97 dargestellt ist.

Wenn wir nun die Achse des Potentiometers nach rechts und nach links drehen, verändert sich die Frequenzfähigkeit des Multivibrators, das Verhältnis der Brennzeiten beider Leuchtdioden wird aber unverändert bleiben.

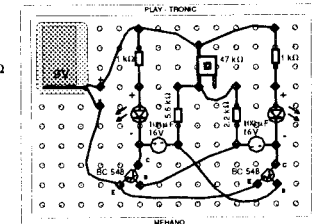
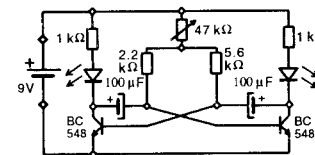


Bild 97

98. AUTOBLINKER

Mit dem Multivibrator können wir eine Schaltung herstellen, wie sie für das Einschalten der Fahrtrichtungsanzeiger (Blinker) am Auto verwendet werden. Da der Fahrer wissen muß, ob der Blinker eingeschaltet ist, befindet sich im Auto auch noch eine akustische Signalisierung. Dazu ist in der hier gezeigten Schaltung noch ein Lautsprecher eingebaut, aus welchem man feine Geräusche im Rhythmus der Lichtschaltung hören kann.

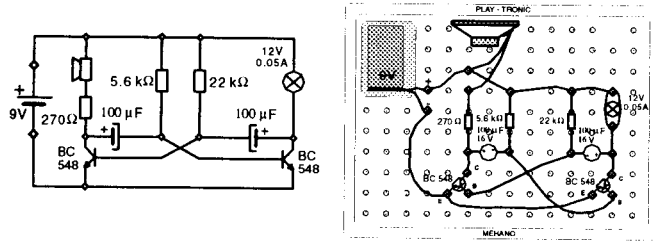


Bild 98

99. GESCHWINDIGKEITSEINSTELLUNG DER AUTOSCHEIBENWISCHER

Bei den heutigen modernen Autos kann man die Geschwindigkeit der Scheibenwischer einstellen. Wenn es nicht so stark regnet, ist dies sehr praktisch. Wenn der Regen sehr schwach ist, wird die Frontscheibe nicht naß und die Scheibenwischer reiben beinahe auf einem trockenem Glas. Deswegen hüpfen sie und geben ein unangenehm quitschendes Geräusch von sich.

Wenn du das Funktionieren der Scheibenwischer beobachtet hast, hast du bestimmt festgestellt, daß die Zeit, die die Scheibenwischer für einen "Spaziergang" über die Frontscheibe benötigen, festgelegt ist. In dieser Zeit muß der Antrieb der Scheibenwischer eingeschaltet sein. Die Zeit zwischen zwei Einschaltungen kann aber beliebig sein.

Für die Intervalle zwischen zwei Einstellungen des Scheibenwischerantriebs können wir einen instabilen Multivibrator verwenden, bei welchem wir einen von den mittleren Widerständen verändern.

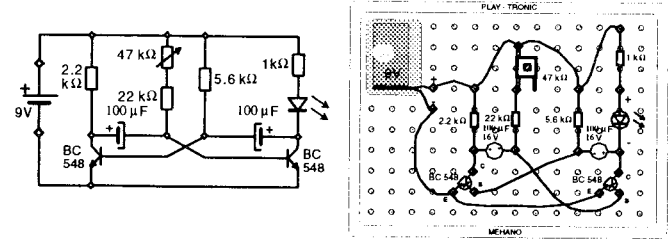


Bild 99

Der zweite mittlere Widerstand ist so ausgesucht, daß er die Scheibenwischer gerade so lange eingeschaltet hält, um die Frontscheibe einmal nach links und nach rechts zu wischen. Wenn du die Achse des Potentiometers nach rechts und nach links drehst, verändert sich die Zeitspanne des Zeitraums zwischen zwei Wischzügen des Scheibenwischers.

Anstatt der Leuchtdiode und des Widerstands von 1 kΩ können wir in die Schaltung eine Relaiswicklung einschalten, die dann den Antrieb der Scheibenwischer einschaltet.

100. ELEKTRONISCHER METRONOM

Wenn du dich irgendwann ernsthaft mit der Musik befaßt hast, dann weißt du, wie wichtig der Rhythmus in der Musik ist. Beim Proben verwenden die Musiker ein Metronom (einen Taktmesser), der mit seinem Ticktack den Rhythmus angibt. Die Funktionsgeschwindigkeit des Metronoms ist einstellbar, da es nicht gleichgültig ist, ob wir eine lustige Polka oder einen langsamen Walzer (oder Techno) proben.

In diesem Beispiel haben wir anstatt des Metronoms einen instabilen

Multivibrator verwendet. Zum Unterschied von den klassischen Metronomen, die nur ein rhythmisches Ticken von sich geben, erzeugt dieses Metronom gleichzeitig auch ein Lichtsignal, deshalb können wir es von weitem beobachten oder aber auch bei sehr lauten Musik, die das Ticken des Metronoms übertönt.

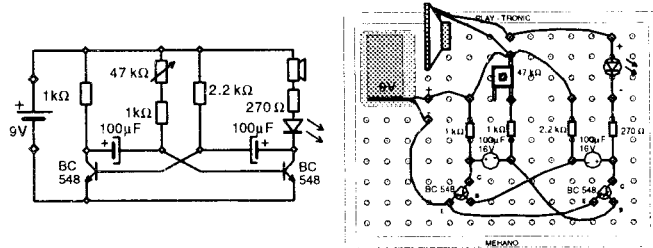


Bild 100

101. MULTIVIBRATOR UND LAUTSPRECHER ALS SUMMER

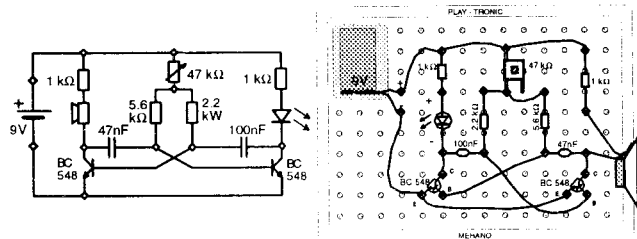


Bild 101

Mit einer entsprechenden Auswahl von Kondensatoren und Widerständen können wir einen solchen Multivibrator herstellen, der auf die Frequenz, die wir hören, schwingt. Bei einem der Transistoren zwi-

chen dem Kollektor und dem positiven Batterieanschluß setzen wir einen in Reihe geschalteten Lautsprecher und einen Widerstand ein. Wenn du meinst, der Ton aus dem Lautsprecher sei zu leise, kannst du den Widerstand von 1 kΩ durch einen Widerstand von 270 Ω ersetzen. Drücke jetzt die Taste, drehe die Achse des Potentiometers so, daß du aus dem Lautsprecher den Ton hörst, der dir am besten gefällt.

102. SUMMER ZUM ERLERNEN DER MORSETELEGRAPHIE

Die Morsetelegraphie war einstmals die einzige Form um Nachrichten über Entfernungen hin zu übersenden. Deswegen benannte man die Telegraphie nach dem Erfinder des Telegraphiealphabets Samuel Morse.

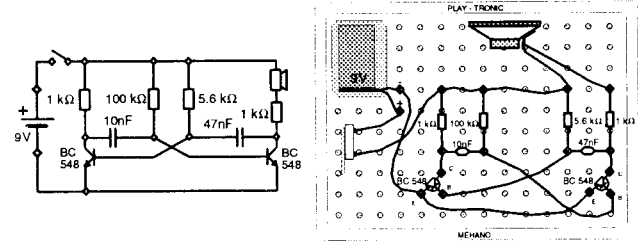


Bild 102

Mit dem Fortschritt in der Technik verlor die Telegraphie sehr an ihrer Bedeutung. Unter den Amateurfunkern dagegen ist sie trotz des Fortschritts in der Technik noch immer sehr bedeutend. Wenn dich das Amateurfunk interessiert, wird es vielleicht ganz gut sein, wenn du das Morsealphabet erlernst. Um die Telegraphie zu erlernen brauchst du einen Summer. Dafür kannst du auch einen Multivibrator verwenden. Bei dem Summer ist für das Erlernen der Telegraphie ein Potentiometer für die Einstellung des Tons nicht wichtig. Wenn du den Multivibrator an die Stromspeisung einschaltest, kann dir als

A · - -	J · · - - -	S · · · ·	1 · - - - -
B - - · · ·	K - - - -	T - - - -	2 · · - - -
C · · · · ·	L · · · · ·	U · · · · ·	3 · · · · ·
D - - · · ·	M - - - -	V · · · · -	4 · · · · -
E · · · · ·	N - - · · ·	W - - - -	5 · · · · ·
F · · · · ·	O - - - -	X - - - -	6 - - - -
G - - · · ·	P · · · · ·	Y - - - -	7 - - - -
H · · · · ·	Q - - · · ·	Z - - · · ·	8 - - - -
I · · · · ·	R · · · · ·		9 - - - -
			0 - - - -

Morsetaste dienen.

Halte dich beim Tippen an die Regel, daß jeder Strich so lang wie drei Punkte ist, zwischen den einzelnen Teilen der Zeichen (Strichen und/oder Punkten) liegt ein Abstand von einer Punktlänge, zwischen den einzelnen Zeichen aber ist der Abstand genauso lang wie bei drei Punkten.

103. KLAPPERVORRICHTUNG

Bei der Klapper folgen einander in gleichen zeitlichen Abständen die Aufschläge. In unserem Beispiel werden wir für die Nachahmung einer Klapper einen instabilen Multivibrator verwenden, bei dem die Funktion eines Transistors die Nachahmung des Schlages ist, die des anderen aber der Zeitabstand zwischen den zwei Schlägen. Deshalb hat in der hier dargestellten Schaltung der rechte Kondensator ein Keramikgehäuse, der linke ist aber elektrolytisch. So ist das Verhältnis der Zeitabschnitte, in der der linke und der rechte Transistor geöffnet sind, beinahe einige hundert.

Wenn wir den instabilen Multivibrator an die Spannung anschließen, vergeht immer einige Zeit, bis sich die Kondensatoren aufgeladen haben und die Schaltung anfängt zu funktionieren. Damit der Multivibrator so funktioniert, wie wir dies gleich nach dem Druck auf die Taste möchten, ist hier in dieser Schaltung ein anderer Anschluß des Multivibrators dargestellt. Wenn du auf die Taste drückst, hörst du aus dem Lautsprecher ein sich wiederholendes Schlagen, als würdest du eine Klapper hören.

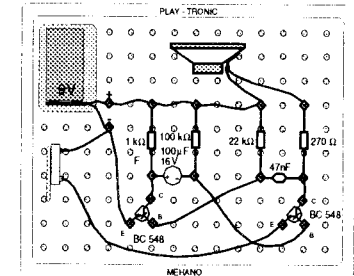
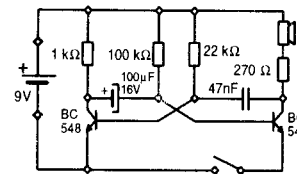


Bild 103

104. WECHSELEIN- UND AUSSCHALTUNG VON ANLAGEN

Stell dir vor, du benützt in einer Fabrik eine Stanzpresse. Manchmal ist es erforderlich, daß die Presse offen ist, manchmal daß sie zu ist. Im Produktionsprozeß ist aber die Presse in Betrieb und geht rauf und runter. Die Steuerschaltung muß so hergestellt sein, daß sie einen stabilen Zustand in beiden Endpositionen ermöglicht, sie muß aber auch die Auswechslung der Endlager ermöglichen.

In diesem Beispiel (genauso wie im vorherigen) werden wir ein Flip-Flop-Multivibrator als Schaltung anwenden, die durch zwei teilt. In diesem Beispiel lösen wir mit dem Druck auf die Taste den Strom aus, der aus dem positiven Batterieanschluß in die Basis des Transistors fließt, der im Augenblick gesperrt ist. Deshalb verändert sich der Zustand der Schaltung.

Wenn die Taste eingeschaltet ist, erinnert die Schaltung an einen instabilen Multivibrator. Dies ist auch richtig. Wenn du die Taste gedrückt hältst, fängt die Glühbirne an zu flimmern. Wenn du die Taste jetzt losläßt, hört das Flimmern auf. Der Tastendruck, der kürzer als die Zeit ist, in welcher der Transistor im instabilen Multivibrator gesperrt ist, kippt nur den Zustand des Multivibrators um.

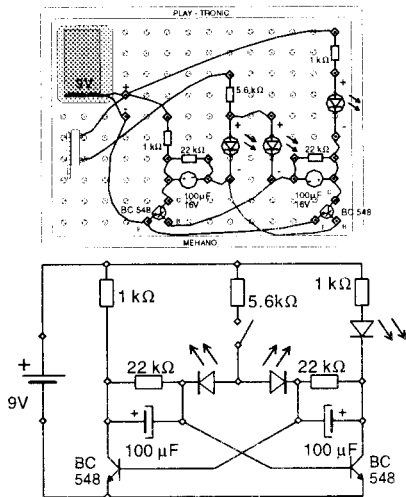


Bild 104

105. ELEKTRONISCHER WÄCHTER MIT TONSIGNALISIERUNG

Erinnere dich an den elektronischen Wächter, den wir schon in diesem Buch beschrieben haben. Damals hat sich beim Auslösen des Alarms nur die Leuchtdiode eingeschaltet. In diesem Beispiel hört man beim Auslösen des Alarms auch einen Ton.

Die Schaltung ist eigentlich ein instabiler Multivibrator, der bei einer hörbaren Frequenz funktioniert. In die Schaltung ist eine Drahtverbindung eingebaut, welche zwischen Basis und Emmitter einer der Transistoren einen Kurzschluß verursacht. Wenn diese Drahtverbindung unterbrochen ist, fängt der Multivibrator an zu arbeiten und aus dem Lautsprecher kommt ein Ton.

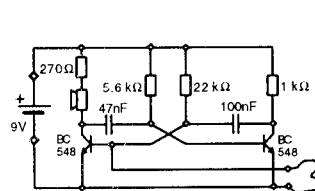


Bild 105

Die kurzgeschlossene Verbindung ist ausschließlich am linken Transistor hergestellt. Wegen der kurzgeschalteten Verbindung ist der andere Transistor offen. Zwischen dem Kollektor und dem positiven Batterieanschluß beträgt der Widerstand $1\text{ k}\Omega$. An der linken Seite befindet sich aber zwischen dem Kollektor und dem positiven Batterieanschluß ein Widerstand von $270\ \Omega$ und ein Lautsprecher, der nur einen Widerstandswert von einigen Ohm hat. Deswegen würde durch den linken Transistor, wenn dieser immer offen wäre, stärkerer Strom als durch den rechten fließen. Die Batterie wäre also früher leer. Da wir nicht wissen, wann wir einen Alarm erwarten können, ist es angebrachter, mit der Batterieenergie zu sparen.

Jetzt kannst du selber einen Alarm aufbauen, der dich darauf aufmerksam macht, daß die Tür geöffnet ist. Solche Alarmsysteme kannst du in Läden sehen. Wenn der Kunde die Tür aufmacht und in das Geschäft tritt, hören wir ein Tonsignal, das sofort aufhört, wenn der Kunde die Tür wieder schließt.

Befestige an der Türzarge einen dicht verschlossenen Kontakt so, daß er sich ganz nah an der Tür befindet. Bringe jetzt an der Tür noch einen Magnet an. Wenn die beiden Kontakte wegen der Nähe des Magnets eingeschaltet sind, wird der Alarm ausgeschaltet. Wenn einer die Tür öffnet, gehen die zwei Kontakte auseinander und die Schaltung ist in Betrieb und aus dem Lautsprecher kommt ein Ton.

106. ELEKTRONISCHER WÄCHTER MIT LICHTSIGNAL

In diesem Beispiel wird der Alarm mit einem blinkenden Licht gemeldet. Die angewandte Schaltung ist im Prinzip ähnlich wie die vorige. Da das Blinken eine Niederfrequenz darstellt, ist dieser Multivibrator so hergestellt, daß er in einer sehr niedrigen Frequenz arbeitet. Deshalb sind in der Schaltung zwei elektrolytische Kondensatoren angewandt worden. Die Art der Alarmauslösung verläuft gleich wie in der vorigen Schaltung.

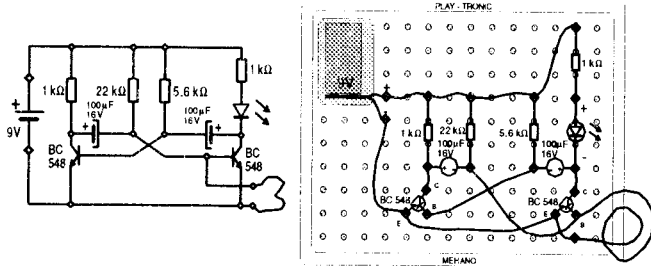


Bild 106

107. LICHTSIGNALISIERUNG ZUR FEUCHTIGKEITSMELDUNG

Bei diesem dargestellten Alarm ist in Reihe mit dem mittleren Widerstand ein Feuchtigkeitsfühler angeschlossen. Wenn der Fühler trocken ist, stellt er einen hohen Widerstandswert dar und durch ihn fließt kein elektrischer Strom.

Wenn er feucht ist, fällt sein Widerstandswert und durch ihn kann der Strom fließen, der stark genug ist, den Multivibrator zum funktionieren zu bringen. Die Leuchtdiode, die sich im Kollektorstromkreis des linken Transistors befindet, beginnt zu Blinken.

Der Alarm wird natürlich nicht ausgelöst, wenn wir es mit Flüssigkeiten zu tun haben, die den elektrischen Strom nicht leiten.

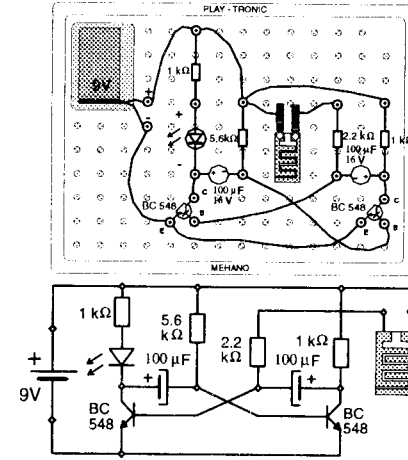


Bild 107

108. TONALARM ZUR FEUCHTIGKEITSMELDUNG

Tausche die Leuchtdiode und den 1 kΩ Widerstand aus der vorigen Schaltung gegen den Lautsprecher, und den Kondensator mit einer Kapazität von 100 μF gegen die Kondensatoren von 47 nF und 100 nF aus. So bekommst du einen Alarm, der sich, wenn der Feuchtigkeitsfühler feucht wird, mit einem Tonsignal melden wird.

109. BLUMENWÄCHTER

Blumenliebhaber wissen es genau, wie wichtig es ist, den Blumen zu richtiger Zeit Wasser zu geben. Zuviel gießen schadet den Blumen aber auch, denn zuviel Feuchtigkeit schadet gewöhnlich den Wurzeln der Blumen. Die Schaltung, dargestellt auf der unteren Zeichnung, meldet uns mit blinkender Diode, daß die Erde im Blumentopf trocken ist und daß sie gegossen werden muß.

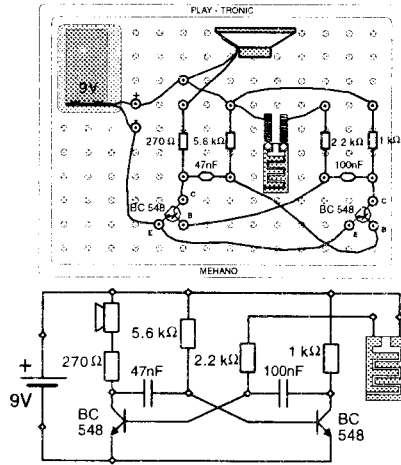


Bild 108

Die Schaltung ist genau genommen ein instabiler Multivibrator, bei dem wir mit einem zusätzlichen Widerstand verhindern, daß er funktioniert. Dieser Widerstand befindet sich zwischen zwei kleinen Drähten, die in

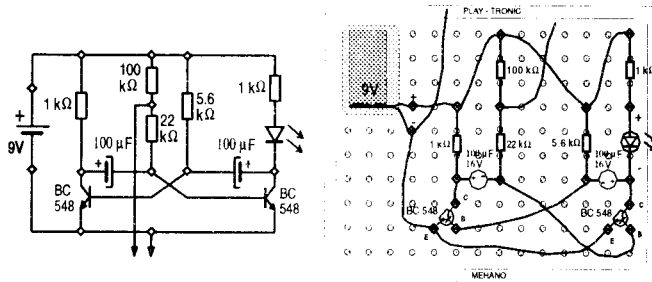


Bild 109

die Topferde eingesteckt wurden. Wenn die Erde trocken wird, wird der Widerstand zwischen den zwei Drähten groß, deshalb wird er die Arbeit des Multivibrators nicht stören. Der Multivibrator fängt an zu funktionieren. Am Anfang ist das Blinken der Leuchtdiode langsam. Wenn sich die Erde trocknet, erhöht sich dann das Blinken bis zum maximalen Wert.

110. AKUSTISCHES SPIELZEUG

Kleine Kinder freuen sich sehr über Spielzeug, das einen Ton von sich gibt. Deshalb sind Rasseln, Spielzeug mit Pfeifen, Trommeln usw. bei den Kleinen sehr beliebt. Wahrscheinlich würde ihnen auch das hier beschriebene Spielzeug gefallen.

Dies ist eigentlich ein instabiler Multivibrator, der auf einer hörbaren Frequenz funktioniert. Parallel zu einem der Widerstände, der die Funktionsart des instabilen Multivibrators bestimmt, ist der Feuchtigkeitssfühler angeschlossen.

Wenn du diesen Fühler mit einem Finger oder der Hand drückst, verändert sich sein Widerstandswert. Nach dem Druck auf den Feuchtigkeitssfühler fällt sein Widerstandswert. Die Parallelschaltung des Widerstands von 100 kΩ und des Feuchtigkeitssfühlers hat deshalb einen niedrigeren Widerstandswert. Die Frequenz des Multivibrators erhöhte sich.

Mit dem Drücken und Halten des Feuchtigkeitssfühlers kannst du aus diesem "Spielzeug" sehr interessante Töne herauslocken.

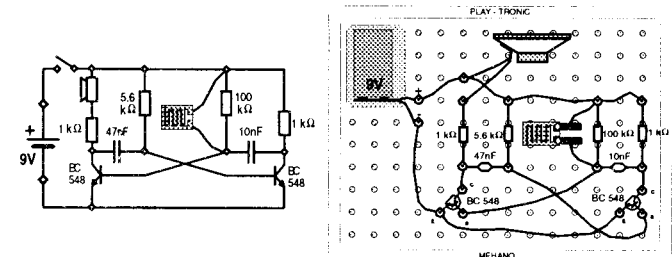


Bild 110

111. ZWEITON-ALARMSIRENE

Wahrscheinlich hast du schon die Möglichkeit gehabt eine Zweitton-Alarmsirene zu hören. In unserem Beispiel ist dies ein instabiler Multivibrator, bei dem wir die Frequenz verändern können. Zu diesem Zweck können wir einem der Widerstände, die die Frequenztätigkeit bestimmen, mit dem Druck auf die Taste parallel noch einen Widerstand dazugeben. Deshalb ist auf dieser Stelle der Widerstandswert niedriger und die Frequenz des Multivibrators erhöht sich.

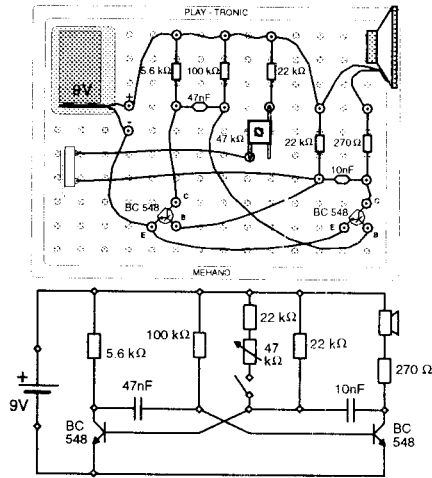


Bild 111

Der Widerstand, welchen wir mit der Taste in die Schaltung dazugeben, ist aus der in Reihe Schaltung des 22 kΩ Widerstands und einem Potentiometer zusammengesetzt. Bei gedrückter Taste kannst du mit dem Drehen der Potentiometerachse den Ton so hoch einstellen, daß dir das Verhältnis zwischen dem höheren und dem niedrigen Ton entspricht.

Wir verwenden den 22 kΩ Widerstand um nicht den Widerstandswert des Abgleichwiderstands auf Null zu verringern. Sonst würde in die Basis des linken Transistors ein sehr starker Strom fließen, der den Transistor für immer beschädigen könnte.

112. ALARMSIRENE

Wie du weißt, sind auf dem Feuerwehrtwagen Sirenen mit einem heulenden Ton angebracht. Hierbei wird die Sirene von einem Elektromotor angetrieben. Auf der unteren Zeichnung ist eine elektronische Variante der Sirene mit einem ähnlichen Ton dargestellt.

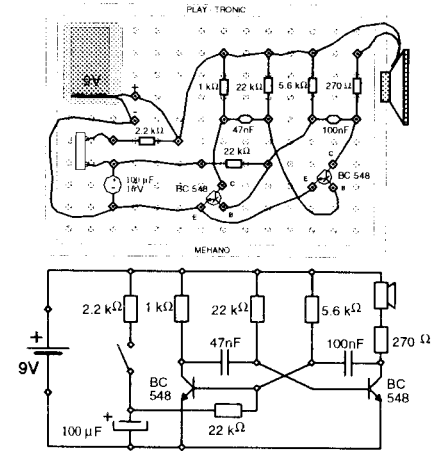


Bild 112

Die Schaltung ist genaugenommen ein instabiler Multivibrator, der auf den hörbaren Frequenzen funktioniert. In die Basis des linken Transistors ist durch den 22 kΩ Widerstand zusätzlicher Strom aus dem Spannungsteiler zugeführt worden, der aus einem 2.2 kΩ Widerstand

und einem elektrolytischen Kondensator gebildet wurde.

Wenn du die Schaltung an die Batteriespannung anschließt, beginnt der Multivibrator zu funktionieren und aus dem Lautsprecher kommt ein Ton. Der elektrolytische Kondensator ist leer und beeinflusst die Schaltung nicht.

Jetzt drücke auf die Taste. Durch den Widerstand von $2,2\text{ k}\Omega$ lädt sich der elektrolytische Kondensator auf. Deshalb befindet sich an seinen Klemmen auch Spannung. Durch den Widerstand von $2,2\text{ k}\Omega$ und den Widerstand von $22\text{ k}\Omega$ fließt etwas Strom in die Basis. Der Transistor ist ein wenig mehr geöffnet. Die Funktionsgeschwindigkeit des instabilen Multivibrators verändert sich und der Ton ist höher.

Jetzt lasse die Taste los. Der Kondensator, der aufgeladen war, beginnt sich durch den Widerstand von $22\text{ k}\Omega$ so zu leeren, daß der Strom in die Basis des linken Transistors fließt. Am Anfang leert sich der Kondensator sehr schnell, dann aber immer langsamer.

Wenn sich der Kondensator auf diese Art leert, verringert sich die Frequenz der Multivibratorfunktion. Dies hörst du als einen heulenden Ton.

Der Druck auf die Taste löst die Entstehung des Heultons aus. Bei der Alarmsirene im Fahrzeug kann sich genauso eine Taste befinden, mit einer ähnlichen Funktion.

113. TONSIGNALISIERUNG DES TEMPERATURFALLS

Stell dir vor, wie wichtig es zum Beispiel in einer Hühnerfarm ist, daß die Temperatur im Gebäudeinnern nicht fällt. Wenn dies passieren würde, würden die Küken verenden und es würde ein großer Schaden entstehen. Deshalb würde es gut sein, wenn wir in einem Kontrollraum die Temperatur ablesen könnten.

Die Lichtindikation könnte ein normales Funktionieren melden. Jedoch reicht die Lichtindikation des Temperaturfalls nicht aus, es kann vorkommen, daß keiner die blinkende Leuchte bemerkt. Deshalb wäre es gut, wenn ein Tonalarm angebracht wäre. Mit der schon beschriebenen temperaturempfindlichen Schaltung können wir eine beliebige andere Schaltung oder Anlage einschalten. In dem hier dargestellten Beispiel wird die temperaturempfindliche Schaltung von einer Tonquelle

eingeschaltet. die eigentlich ein Multivibrator ist, in dem auch ein Lautsprecher angeschlossen ist.

Wenn die Temperatur hoch ist, hat der Thermistor einen niedrigen Widerstand. Deshalb ist in der Abzweigung des Verteilers, der aus dem Thermistor und dem Potentiometer gebildet ist, die Spannung so hoch, daß in die Basis des Transistors ein genügend starker Strom hineinfließt, damit sich der Transistor öffnet. Der Transistor stellt jetzt einen niedrigen Widerstandswert dar, der in der Schaltung so angeschlossen ist, daß er deren Funktionen verhindert. Dies ist so hergestelt, daß er an einer günstigen Stelle im Multivibrator mit dem negativen Batterieanschluß einen Kurzschluß auslöst. Die Leuchtdiode leuchtet und meldet so, daß die Temperatur hoch ist.

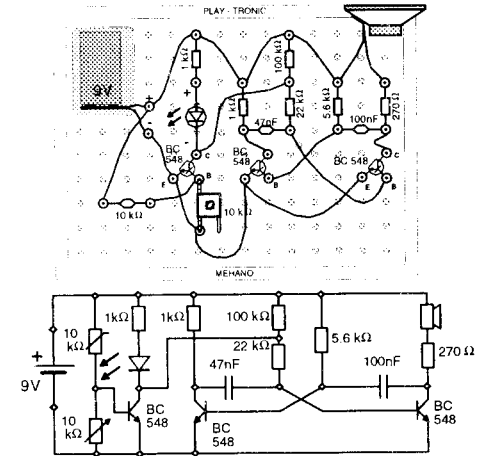


Bild 113

Wenn die Temperatur fällt, wächst an dem Thermistor der Widerstandswert und deshalb beginnt an der Abzweigung des Spannungsverteilers die Spannung zu fallen. In die Basis des ersten Transistors fließt ein schwächerer Strom. Der Transistor sperrt sich

langsam und seine Widerstandsfähigkeit erhöht sich. Deswegen ist der Einfluß auf den Multivibrator immer kleiner und dieser beginnt zu funktionieren. Zuerst ist die Frequenztaetigkeit niedrig, mit zusaezlichem Temperaturfall aber erhoeht sie sich. Je niedriger die Temperatur, desto hoeher ist der Ton.

Zwischen dem Kollektor des ersten Transistors und dem $1\text{ k}\Omega$ Widerstand befindet sich eine Leuchtdiode. Fuer das Funktionieren der Schaltung ist sie nicht erforderlich. Jedoch kann sie als Lichtindikation der Temperatur dienen. Wenn die Temperatur beginnt zu sinken, wird die Leuchtdiode schwaecher.

Wir erwaehnten schon, daB der Spannungsverteiler vom Thermistor und Potentiometer darstellt wird, eingeschaltet als Abgleichwiderstand. Von der Gleiterposition des Potentiometers ist es abhaengig, bei welcher Temperatur die Schaltung den Tonalarm einschaltet.

Um dich davon zu ueberzeugen, wie die Schaltung funktioniert, stelle die Achse des Potentiometers in die Lage, daB die Leuchtdiode leuchtet, dann drehe die Achse so herum, daB die Leuchtdiode gerade erlischt.

Erwaerme mit dem Finger den Thermistor. Die Leuchtdiode leuchtet. Jetzt puste so in den Thermistor, daB sich dieser abkuhlt. Die Leuchtdiode erlischt langsam und aus dem Lautsprecher kommt ein Ton.

114. WAS IST ZU TUN, WENN DURCH DEN LAUTSPRECHER KEIN GLEICHSTROM FLIESSEN DARF?

Bei der vorher beschriebenen Schaltung flieBt durch den Lautsprecher ein pulsierender Gleichstrom. Was ist zu tun, wenn wir moechten, daB durch den Lautsprecher nur Wechselstrom flieBt? Dazu verwenden wir einen Kondensator.

Auf der unten aufgezeichneten Schaltung ist dargestellt, wie wir den Lautsprecher anschlieBen koennen. An dem Kollektor des rechten Transistors ist eine ausgepraegte pulsierende Spannung. Zwischen dem Emitter und dem Kollektor veraendert sich die Spannung zwischen 0 V , wenn der Transistor offen ist, und 9 V , wenn der Transistor gesperrt ist. Mit dem Kondensator erreichen wir, daB durch den Lautsprecher nur Wechselstrom flieBt, denn der Kondensator laBt Wechselstrom durch, Gleichstrom aber nicht.

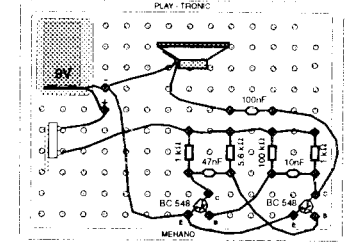
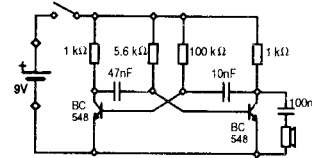


Bild 114

115. LAUTSPRECHER ZWISCHEN ZWEI KOLLEKTOREN

Schon mehrmals haben wir erwaehnt, daB sich die Spannung im Multivibrator zwischen dem Emitter und dem Kollektor zwischen 0 V und 9 V aendert. Dies geschieht an beiden Transistoren. In was fuer einem Verhaeltnis aber stehen die beiden Spannungen an den Kollektoren der zwei Transistoren?

Wenn der eine Transistor geoeffnet ist, so ist der zweite gesperrt. Deshalb betraegt an einem Kollektor die Spannung gegen den negativen BatterieanschluB 0 V , an dem zweiten aber 9 V . Nehmen wir an, daB der linke Transistor offen ist, der rechte aber gesperrt. Dann ist zwischen den beiden Kollektoren die Spannung

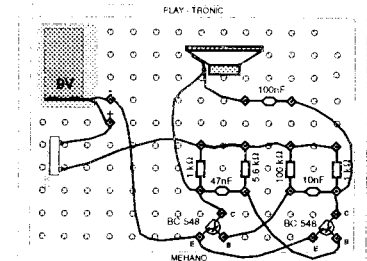
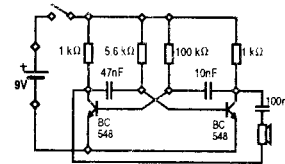


Bild 115

$$U = 9 \text{ V}$$

Wenn die Transistoren ihre Rolle tauschen, verändern sich die Spannungen an den beiden Kollektoren. Jetzt ist die Spannung zwischen den Kollektoren des linken Transistors und dem negativen Batterieanschluß 9 V, an dem rechten ist dagegen die Spannung 0 V. Die Spannung zwischen den beiden Kollektoren ist genauso 9 V, jedoch in umgekehrter Richtung!

$$U = -9 \text{ V!}$$

Wenn wir die Spannung an einem Kollektor beobachten, so verändert sich dort diese um 9 V. Wenn wir die Spannung an beiden Kollektoren gleichzeitig beobachten, verändert sich die Spannung zwischen + 9 V und - 9 V. Die Veränderung der Spannung ist zweimal größer!

In bestimmten Fällen hat das Anschließen der Last zwischen den Kollektoren der Transistoren einen bestimmten Vorrang. Dabei ist wichtig, daß diese Belastung nicht so ist, daß die Schaltung aufhört zu funktionieren.

Der Widerstandswert des Lautsprechers ist sehr niedrig und es würde deshalb durch ihn Gleichstrom fließen. Zwischen den Kollektoren der beiden Transistoren würde ein niedriger Widerstandswert sein und die Schaltung könnte aufhören zu funktionieren. Deshalb ist in Reihe mit dem Lautsprecher in der Schaltung schon ein Kondensator.

116. SCHALTUNG ZUR GEWINNUNG NEGATIVER SPANNUNG

Manchmal ist es erforderlich, daß wir in einer Schaltung aus bestimmten Gründen auch eine negative Spannung haben. Das einfachste ist, wenn wir neben der Batterie, welche die Schaltung für ihr funktionieren benötigt, noch eine zusätzliche Batterie als Quelle der negativen Energie verwenden.

Auf jeden Fall aber macht das eine solche Schaltung teurer, weil wir jetzt anstatt einer Batterie zwei brauchen.

Wenn der Verbrauch aus der Batterie, die eine negative Spannung gibt,

niedrig ist, dann können wir eine Schaltung herstellen, die an ihrem Ausgang eine negative Spannung geben wird. Dies verteuert zwar die gesamte Schaltung ein wenig, jedoch wird sich das wegen der gesparten Batterien für die negative Spannung schnell auszahlen.

Zur Gewinnung negativer Spannung benötigen wir eine Wechselspannung. In unserer Schaltung wurde zur Gewinnung der Wechselspannung ein instabiler Multivibrator verwendet. Für den Wechselstrom gilt, daß er durch den Leiter einmal in die eine und dann in die andere Richtung fließt. Die Spannung zwischen dem Kollektor zum Beispiel des rechten Kollektors im Multivibrator und dem negativen Batterieanschluß verändert sich: wenn der Transistor offen ist, ist er gleich Null, wenn er gesperrt ist, erreicht die Spannung die Batterie. Dies ist keine Wechselspannung, sie ist jedoch sehr pulsierend.

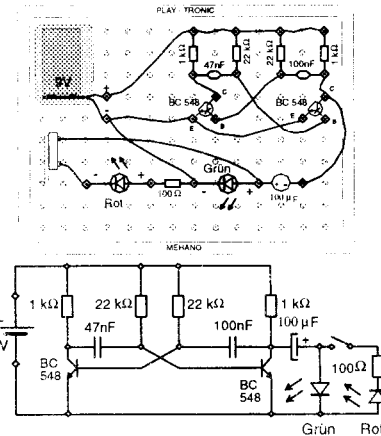


Bild 116

Wir zeigten schon, daß durch den Kondensator Wechselstrom fließen kann, Gleichstrom aber nicht. Deshalb können wir mit dem Kondensator aus der pulsierenden Spannung die Gleichspannung ausströmen. Genau dies ist in unserer Schaltung angewandt worden. An den Kollektor des

rechten Transistors wurde ein Kondensator angeschlossen, durch welchen aus dem Multivibrator Wechselstrom fließt. Dieser Strom fließt durch zwei gegeneinander gekehrte Leuchtdioden. Wenn du jetzt die Schaltung an die Batteriespannung angeschlossen hast, leuchten beide Leuchtdioden. Dies beweist uns, daß durch den Kondensator Gleichstrom fließt. Wenn der Strom aus dem Kondensator gegen den negativen Batterieanschluß fließt, fließt er durch die grüne Leuchtdiode. Wenn er in die umgekehrte Richtung fließt, fließt er durch die rote Diode und den 100 Ω Widerstand. Dieser Widerstand und die rote Leuchtdiode stellen eine Verbindung dar, die für ihre Funktion negative Spannung benötigen.

Anstatt der grünen Leuchtdiode kann sich in der Schaltung eine einfache Diode 1N4004 befinden.

Noch einmal: die Schaltung, die für das Funktionieren eine negative Spannung benötigt, darf nicht zuviel Strom verbrauchen.

Wenn du vielleicht nicht so ganz sicher bist, ob der Multivibrator funktioniert, kannst du zwischen irgendeinem Widerstand von 1 k Ω und dem positiven Batterieanschluß einen Lautsprecher anschließen.

117. VERBESSERTE SCHALTUNG ZUR GEWINNUNG NEGATIVER ELEKTRISCHER SPANNUNG

Die Richtspannung, die wir durch die Diode bekommen, kann nicht größer als der größte Wert der Wechselspannung sein.

Anstatt der roten Leuchtdiode kannst du eine Verbindung anschließen, die für ihre Funktion negative Spannung benötigt.

Wenn die durch die vorher beschriebene Schaltung gewonnene negative Spannung zu niedrig ist, kannst du zur Gewinnung der negativen Gleichspannung eine Schaltung anwenden, welche die gerichtete Spannung verdoppelt. Eine solche Spannung stellen wir aus zwei Dioden und zwei Kondensatoren her. In der Schaltung wurde die grüne Leuchtdiode anstelle der einfachen Diode verwendet.

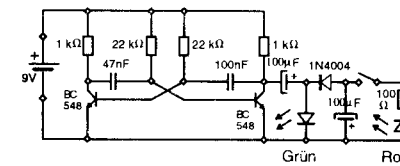
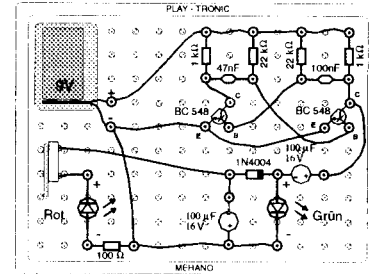


Bild 117

118. NOCH EIN TONGENERATOR

Mit zwei Transistoren können wir einen Tongenerator herstellen, welcher kein instabiler Multivibrator ist, sondern ein wenig anders funktioniert. Für seine Funktion verwendet er eine Rückkopplung.

Die Rückkopplung ist jene Verbindung in der Schaltung, durch die etwas von dem Signal aus dem Ausgang in den Eingang zurückkehrt. Auf diese Art verhält sich die gesamte Schaltung anders als in dem Fall, wo es diese Rückkopplung nicht gibt.

In unserem Fall haben wir es mit einem Transistor zu tun, der einen niederfrequenten Verstärker darstellt.

Durch den Kondensator 100 nF und den Widerstand von 100 k Ω kehrt etwas von dem Signal des Verstärkers (Kollektor des linken Transistors) etwas von dem Signal in den Eingang des Verstärkers (Basis des rechten Transistors) zurück.

Nehmen wir mal an, daß dann, wenn am Eingang der Schaltung die Spannung wächst, diese am Eingang aber fällt. Wenn wir mit der zusätzlichen Schaltung dafür sorgen, daß die Veränderung am Ausgang in den

Eingang zurückkehrt, könnten wir sagen, daß die "Schaltung nicht weiß, was sie tut" und sich nicht entschließen kann, was für Spannungen am Ausgang und am Eingang sein sollten. Deshalb beginnt die Spannung zu schwingen. Wir sagen dazu, daß wegen der Rückkopplung die Schaltung begonnen hat zu oszillieren.

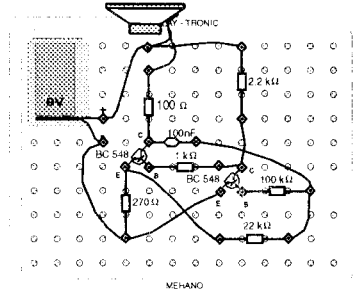
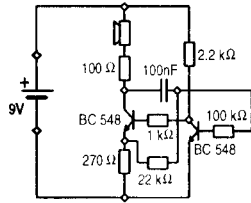


Bild 118

119. MUSIKINSTRUMENT

Wenn du den Wert des Widerstands von 22 kΩ veränderst, ändert sich auch die Frequenztätigkeit des Oszillators und aus dem Lautsprecher kommt ein Ton mit veränderlichen Höhen heraus.

Dies kannst du schön sehen, wenn du anstatt des Widerstands von 22 kΩ in die Schaltung einen Potentiometer von 47 kΩ, angeschlossen als Abgleichwiderstand, einbaust.

Du hast schon selber einen Abgleichwiderstand dadurch hergestellt, indem du mit einem weichen Bleistift eine Graphitspur auf Papier gezeichnet hast. Einen solchen Widerstand kannst du in diesem Oszillator für die Veränderung der Frequenz seines Funktionierens anwenden.

Auf einem Ende der Graphitspur soll eine Federklemme sein, die über den Draht in die Schaltung angeschlossen ist. Das andere Ende des Drahtes schließe an die entsprechende Stelle in der Schaltung. Stelle die Federklemme am anderen Ende dieses Drahtes auf. Jetzt reibe mit dieser

Federklemme auf der Widerstandsschicht. Wenn du mit ihr die Widerstandsschicht berührt, beginnt der Oszillator zu funktionieren. Wenn du mit der Klemme auf der Widerstandsschicht reibst, verändert sich die Höhe des Tons. So kannst du ein unproblematisches Musikinstrument herstellen.

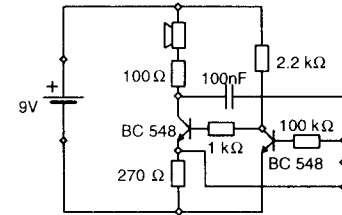
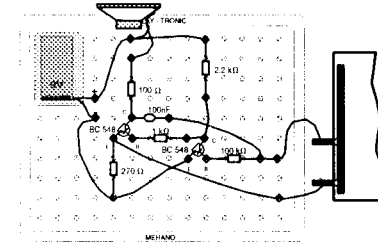


Bild 119

120. OSZILLATOR, HERGESTELLT MIT EINER KETTE VON WIDERSTÄNDEN UND KONDENSATOREN

Um aus einem Verstärker einen Oszillator zu machen, benötigen wir eine Rückkopplung, die das Signal aus dem Ausgang des Verstärkers zurück in den Eingang bringt. Die Eigenschaften der Rückkopplung bestimmen, ob die Schaltung wie ein Oszillator funktioniert und bei welcher Frequenz.

In der hier dargestellten Zeichnung haben wir noch ein Beispiel eines Oszillators, der aus einer Rückkopplung hergestellt ist. Drehe die Achse

des Potentiometers jetzt so, daß du aus dem Lautsprecher einen Ton hörst. Die Schaltung für die Rückkopplung ist aus einer Kette von drei Kondensatoren und drei Widerständen zusammengesetzt.

Da das Signal zu schwach ist um es zu hören, wurde der Oszillatorschaltung noch ein niederfrequenter Verstärker mit einem Transistor hinzugefügt.

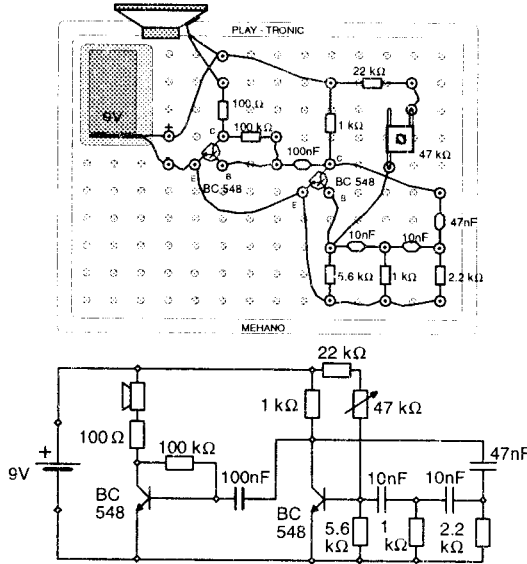


Bild 120

Aus dem Lautsprecher hörst du einen sehr angenehmen Ton, viel angenehmer als der, welchen wir bei den Oszillatoren hörten, die aus einem instabilen Multivibrator hergestellt worden sind. Der hier beschriebene Oszillator gibt einen sehr klaren Ton von sich.

ABSCHLUSS

Jedes Buch hat auch einen Abschluß. Wenn du dich bis zum Ende durchgearbeitet hast, so soll dies nicht auch der Abschluß deines Horizonts des Wissens im Bereich der Elektronik und der Elektrotechnik sein.

Das Handbuch das du gerade in der Hand hältst, sollte für dich in Wirklichkeit nur die Einführung und ein Wegweiser in die Welt der Elektronik sein, voll von neuen Erkenntnissen, Überraschungen und unverhofften Möglichkeiten.

Deshalb mutig weiter so!

WER IST DAS?

In diesem Kapitel berichten wir über einige Wissenschaftler, welche mit ihrer Arbeit reichlich zur Entwicklung der Elektrotechnik und der Elektronik beigetragen haben. In dem nachfolgenden Verzeichnis sind vor allem Namen angeführt, die wir in diesem Buch schon erwähnt haben.

Ampere, André Marie (1775 - 1836), französischer Physiker; untersuchte die Oersted Entdeckung und stellte die Grundsatztheorien der Elektrodynamik auf (das Wissen, daß die Elektrizität in der Bewegung untersucht). Seine Arbeit widmete er der Feststellung der exakten Verbindung zwischen dem elektrischen Strom und dem Magnetismus. Nach ihm wurde auch die Einheit für das Messen des elektrischen Stroms (A) benannt.

Bardeen, John (1908 - 1991), amerikanischer Physiker, welcher im Jahre 1956 zusammen mit Walter H. Brattain und William Shockley den Nobelpreis für Physik, für die Entdeckung des Transistors, bekam. Die Entdeckung war das Ergebnis der Forschungsarbeit dieser drei Wissenschaftler in den Laboratorien von Bell im Jahre 1948. Unter anderem beschäftigte er sich mit den Erforschungen der Stoffe bei sehr niedrigen Temperaturen (Superleitfähigkeit), für das er zusammen mit N. Cooper und John Schrieffer im Jahre 1972 noch einen Nobelpreis bekam.

Coulomb, Charles Augustin de (1736 - 1806), französischer Physiker,

welcher die Kräfte zwischen zwei aufgeladenen Körpern untersuchte. Nach ihm benennen wir die Elektrizität (C).

Edison, Thomas Alva (1847 - 1931), amerikanischer Erfinder und Physiker, einer der erfolgreichsten des 19. Jahrhunderts. Zu der Vielzahl seiner angemeldeten Patente gehört z.B. die Kohlenfadenlampe, der Phonograph (Vorläufer des heutigen Grammophons) und der Kinoprojektor.

Faraday, Michael (1792 - 1867), englischer Chemiker und Physiker; bekannt durch seine Pionierversuche und -forschungen im Bereich der Elektrizität und des Magnetismus. Viele sind der Meinung, daß er einer der größten Experimentatoren war, die jemals lebten. Seine Idee sind die gedachten Feldlinien, an denen entlang z. B. die Magnetkraft wirkt. Diese Veranschaulichung der Kraftwirkung im Raum wird noch heute vielfach angewendet. Nach ihm wurde die Einheit für die Kondensatorkapazität (F) benannt.

Henry, Joseph (1797 - 1878), amerikanischer Physiker und Wissenschaftler, bekannt durch die Entdeckung der elektromagnetischen Induktion und der Selbstinduktion. Seine Experimentarbeiten im Bereich der Chemie, Elektrizität und des Magnetismus zeigen uns, für wie viele Wissenschaftsbereiche er sich interessierte. Nach ihm ist die Einheit der Selbstinduktion (H) benannt worden.

Hertz, Heinrich Rudolph (1857 - 1894), deutscher Physiker, Mathematiker und Ingenieur, bewies als erster das Bestehen von elektrischen Wellen. Er bewies auch, daß sich die Funkwellen mit Lichtgeschwindigkeit verbreiten. Ihm zu Ehren ist die Einheit für die Frequenz (Hz) benannt.

Kelvin, William Thomson (1824 - 1907), schottischer Physiker, schlug vor die Temperatur vom absoluten Nullpunkt (von $-273,15\text{ °C}$) an zu messen. Er ist einer von denen, die den Grundsatz der Thermodynamik aufstellten. Er wirkte bei dem Übertragungsprojekt der Telegrafienachrichten über Unterseekabel aus Europa nach Amerika mit. Besserte eine Reihe von Meßinstrumenten aus. Für seine Arbeit wurde er auch mit einem Adelstitel ausgezeichnet. Nach ihm wird die Einheit für die Messung der absoluten Temperatur (K) benannt.

Kirchoff, Gustav Robert (1824 - 1887), deutscher Physiker, entdeckte das Grundgesetz der elektromagnetischen Strahlung, nach dem die Kraft

der Strahlung eines schwarzen Körpers von der Körpertemperatur und der Frequenzwellen abhängig ist. Ist einer der Gründer der Spektroskopie.

Leclanché, Georges (1839 - 1882), französischer Erfinder, nach dem wir die Trockenbatterie nennen. Unter den Kunstkennern ist er als Maler von Miniaturen sehr geschätzt. In der Technik wird er besonders wegen der Entwicklung des elektrischen Telegraphs anerkannt. Für den Nachrichtempfang über Drähte verwendete er ein Gerät, welches mit elektromagnetischem Druck auf ein Band schieb, und so war es möglich in Form von kleine Strichen und Punkten Nachrichten zu empfangen. Er erfand auch die Kodierungsart der Zeichen mit Strichen und Punkten.

Oersted, Hans Christian (1777 - 1851), dänischer Philosoph, welcher in seinen Vorlesungen im Jahre 1820 bei Versuchen die elektromagnetische Induktion entdeckte. Erforschte auch das Verhalten von Flüssigkeiten und Gasen, die unter Druck stehen. Wegen seiner Experimente und öffentlichen Vorlesungen war er sehr geschätzt.

Ohm, Georg Simon (1789 - 1854), deutscher Physiker, im Jahre bestimmte er das Verhältnis zwischen Spannung, Strom und Widerstand im geschlossenen elektrischen Stromkreis. Nach ihm wird dieses Verhältnis das Ohmsche Gesetz benannt, die Einheit für den elektrischen Widerstand aber Ohm (Ω).

Shockley, William (1910 - 1989), amerikanischer Physiker, siehe Bardeen John.

Swan, Sir Joseph Wilson (1828 - 1914), britischer Chemiker und Erfinder, der viel zur Entwicklung der Photographie beitrug. Zu seinen Erfindungen zählen unter anderem auch die Glühbirne mit **Kohlenglühfaden** (1860) und die Glühbirne mit Metallfaden (1878).

Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio (1745 - 1827), italienischer Physiker, Erfinder der ersten elektrischen Batterie. Zu seinen Leistungen gehört auch, daß er als erster das Gas Methan isolierte. Nach ihm nennen wir die Einheit für die elektrische Spannung (V).

VOKABULAR

Das hier aufgestellte Wörterverzeichnis enthält Wörter, die dir vielleicht weniger bekannt sind. Ein paar Wörter werden hier im Buch häufig angewandt, einige nur begrenzt, manche vielleicht überhaupt nicht, sie stehen aber auf jeden Fall in enger Verbindung mit der Welt der Elektronik und der Elektrotechnik.

Der absolute Nullpunkt - die niedrigste, mögliche Temperatur (-273.15 °C).

Akkumulator - im Grunde Batterie bzw. eine Quelle der elektrischen Energie, die man erneut auffüllen kann, wenn sie leer ist. Der Akkumulator wird üblicherweise mit elektrischer Energie aufgeladen, die man mit Hilfe eines Gleichrichters erhält.

Amperemeter - ein Instrument, mit dem man die Stärke des elektrischen Stroms mißt.

Anode - positiver Anschluß bei der Diode. Durch die Diode wird der elektrische Strom nur dann fließen, wenn die Diode an den positiven Batterieanschluß angeschlossen ist.

Atom - der kleinste Teil eines Elements, der immer noch die Eigenschaften von diesem hat.

AVO-Meter - ein Instrument mit welchem man den elektrischen Strom, die Spannung oder den Widerstand messen kann. Da die Einheiten dieser Größen A, V und Ohm sind, erhielt das Instrument auch einen solchen Namen.

Waagenbalkenschaltung - ist eine Schaltung, durch die sich der Durchfluß des elektrischen Stroms richtet und teilt, ähnlich, wie sich auf einer Schiffschaukel die Stellung zweier Kinder ändert (rauf, runter oder vertikal).

Batterie - ist die Quelle der elektrischen Energie, in welcher sich d.e chemische Energie (bzw. die Energie wird in chemischen Verbindungen gespeichert) in elektrische Energie umwandelt. Eine ausgenutzte (entleerte) Batterie kann man nicht mehr auffüllen.

Basis - ist jener Anschluß am Transistor, an welchem wir den Lenkstrom anbringen.

Flip-Flop - ist jenes Etwas (bzw. das Element der Schaltung), welches in

dem einen oder anderen stabilen Zustand bzw. der Stellung erhalten bleibt.

Byte - ist der kleinste Teil einer Computerinformation. Es hat nur zwei Zustände, wir nennen sie logische 1 und logische 0.

CD - ist eine Platte, auf der Daten (kann aber auch Musik sein) in digitaler Form gespeichert sind.

CD-RAM - ein Kompaktdisk, auf welchem die Computerdaten aufgezeichnet sind. Auf einem solchen Disk gibt es zum Beispiel Platz für Texte von 300.000 Schreibmaschinenseiten. Neben dem Text, können auf einem Disk auch Bilder, animierte Sequenzen, Videoaufnahmen und Ton gespeichert werden.

Coulomb - Einheit für die Messung der Elektrizitätsmenge.

Chip - so benennen wir ein dünnes Silizium-Plättchen, auf dem eine elektronische integrierte Schaltung aufgedruckt ist.

Darlingtonische Schaltung von Transistoren - ist eine Schaltung, bei welcher der elektrische Strom aus dem Emitter eines Transistors direkt zur Basis eines anderen Transistors fließt.

Spannungsverteiler - eine Schaltung, die aus zwei Widerständen hergestellt ist. Der Verteilerausgang ist die Stelle, an der sich beide Widerstände berühren.

Digitale Information - ist eine Information, die durch eine Reihe von Byte dargestellt ist.

Dynamo - Generator, welcher zur Erzeugung des elektrischen Gleichstroms dient.

Diode - ein Halbleiterelement der Schaltung, durch die der elektrische Strom nur in eine Richtung fließen kann.

Elektrizität - Zu einer Vorrichtung, die mit elektrischer Energie geladen ist, sagen wir, daß sie die Elektrizität enthält.

Elektrischer Strom - ist im Grunde die gerichtete und gezwungene Bewegung der Elektrizität.

Elektrischer Stromkreis - ist der Stromweg durch die Schaltung. Der elektrische Strom kann nur dann fließen, wenn der Stromkreis geschlossen ist, z. B.: der positive Batterieanschluß, Anschlußdraht, Glühbirne, andere Anschlußdrähte, negativer Batterieanschluß.

Elektrisches Feld - ist der Bereich um die Elektrizität. In ihm wirken die elektrischen Kräfte.

Elektrolyt - Stoff, der in wässriger Lösung elektrischen Strom leitet.

Elektrolytischer Kondensator - ist ein Element die eine Flüssigkeit (Elektrolyt) enthält. Solche Kondensatoren verfügen gewöhnlich über eine ziemlich hohe Kapazität (mehrere Mikrofarad). Für die elektrolytischen Kondensatoren ist es sehr wichtig, wie wir sie in die Schaltung anschließen. Ein verkehrt angeschlossener Kondensator könnte sofort zerstört werden.

Elektromagnet - genaugenommen eine Spule, durch die elektrischer Strom fließt. Weil sich die Spule so verhält, nennen wir sie Elektromagnet.

Elektromotor - eine Vorrichtung, in welcher elektrische Energie in mechanische umgewandelt wird.

Elektron - negativ geladenes, leichtes Elementarteilchen.

Elektronischer Computer - eine elektronische Anlage, die mit Hilfe elektronischer Schaltungen im Stande ist, sehr schnell eine große Zahl von Rechenoperationen durchzuführen.

Element - ein Stoff, der von nur einer Art von Atomen zusammengesetzt ist.

Element der Schaltung - der kleinste Bestandteil der elektrischen Schaltung.

Emitter - ist jener Anschluß am Transistor, in welchem sich die Ströme sammeln, die aus dem positiven Batterieanschluß in den Kollektor und die Basis gelangen.

Energie - Fähigkeit bestimmte Arbeit zu leisten. Die Energie kann ihre Form ändern: z. B. mechanische in elektrische Energie (im Generator), elektrische in Wärmeenergie (im Heizkörper), elektrische in Leuchtenergie (in der Glühlampe) usw.

Gleichstrom - fließt durch den Leiter immer in eine Richtung.

Frequenz - ist die Anzahl von Veränderungen in einer Sekunde.

Generator - eine Vorrichtung, die die mechanische Energie in elektrische umwandelt. Solche Generatoren verwendet man in Kraftwerken, wo sich die mechanische Energie des Wassers in elektrische Energie umwandelt.

Graphit - weiches schwarzes Mineral aus reinem Kohlenstoff. In der Elektrotechnik wird es manchmal für die Herstellung von Widerständen und bei Gleitkontakten angewandt. Wir finden es auch in Bleistiftminen aber auch in Pasten für Kugellagerschmierung.

Isolator - Stoff, der Energieströme schlecht oder gar nicht leitet.

Wechselstrom - fließt wechselseitig durch den Leiter, zuerst in die eine, dann in die andere Richtung.

Induktion - Erregung elektrischer Ströme und Spannungen durch bewegte Magnetfelder.

Induktivität - ist die Eigenschaft der Spulen. Sie wird in Henry (H) gemessen.

Integrierter Schaltkreis - ein Schaltkreis, der auf einem kleinen Silizium-Plättchen eine größere Zahl von Elementen des Schaltkreises enthält, wie z. B. Transistoren, Widerstände, Kondensatoren usw. Sehr umfassende integrierte Schaltkreise können mehrere Millionen von Transistoren enthalten.

Kathode - negativer Anschluß bei der Diode. Durch die Diode fließt der elektrische Strom nur dann, wenn die Kathode an den negativen Batterieanschluß angeschlossen ist.

Kapazität - ist die Eigenschaft der Kondensatoren. Sie wird in Farad (F) gemessen.

Kollektor - ist ein Anschluß am Transistor, an dem sich der auffälligste Einfluß des Lenkstroms befindet, der zur Basis des Transistors fließt.

Compakt-Disk - siehe CD

Kondensator - Gerät zur Speicherung elektrischer Ladungen, so daß sich an seinen Klemmen die Spannung nicht ändert. Der Kondensator leistet Widerstand bei Veränderung der elektrischen Spannung an seinen Klemmen.

Kontaktschalter - ist elektrischer Schalter, in welchem die beiden elektrischen Kontakte durch eine äußere Kraft geschlossen werden.

Laser - (Abkürzung für Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation = Lichtverstärkung durch angeregte Emission von Strahlung); ein Gerät, das einen farblosen, starken und sehr engen Lichtstrahl abgibt.

LED - (light emitting diode); eine Leuchtdiode.

Magnet - ein Gegenstand, der die Eigenschaft besitzt, Eisen-, Kobalt- und Nickelstücke anzuziehen.

Magnetfeld - ist der Bereich um den Magneten herum, in welchem Magnetkräfte wirken.

Masse - gewöhnlich jener Teil der Schaltung, die direkt an den negativen Batterieanschluß angeschlossen ist. Z. B. beim Auto ist die Masse ein-

fach das Fahrgestell, welches an den negativen Anschluß des Akkumulators angeschlossen ist.

Mikrofon - Ein Gerät zur Umwandlung von Schallenergie in elektrische Energie.

Mikroprozessor - ein sehr komplexer integrierter Schaltkreis, in welchem eine Menge logischer Schaltungen ist. Durch besonderen Zustände (bzw. Befehle) an bestimmten Anschlüssen kann der Schaltung "befohlen" werden, was sie mit dem Zuständen (Daten), die sie an den anderen Anschlüssen hat, machen soll. Die Mikroprozessoren, sind eigentlich das "Gehirn" aller Computer.

Molekül - des kleinste Teilchen irgendeines Stoffes, das noch immer seine Eigenschaften besitzt.

monostabil - ist das Gebilde (bzw. die Schaltung), das nur eine stabile Position (bzw. Zustand) hat, in der es sich am liebsten aufhält. Wenn wir mit äußeren Einflüssen diesen Zustand verändern wollen, wird sich alles zusammen von sich aus in diesen stabile Zustand, den einzigen den es besitzt, zurückversetzen.

aufgeladener Körper - ist der Körper, welchem Elektrizität zu- oder abgeführt wurde.

instabil - ist jenes Ding, welches zwar ausgedrückte Zustände hat, zu denen es fließt, jedoch gesellt es sich keinem von ihnen zu.

Neutron - Elementarteilchen mit der Masse des Wasserstoffkernes ohne elektrische Ladung.

die niederfrequenten Signale - haben solche Frequenzen, die wir hören können. Das sind Frequenzen zwischen 16 Hz und 20000 Hz.

NTC - (negative temperature coefficient = negativer Temperaturkoeffizient), ist ein Thermistor, dessen Widerstand mit wachsender Temperatur fällt.

Ohmmeter - ein Instrument, mit dem wir den elektrischen Widerstandswert messen können.

Verstärker - ist eine Schaltung, die die elektrische Signale verstärkt.

Fassung - ein Element, in welches wir die elektrische Glühbirne einschrauben.

Oszillator - ein Schaltung, die eine elektrische Wechselspannung abgibt.

Potentiometer - ein Widerstand, der einen wechselnden Widerstandswert hat. In der Schaltung ist es so angeschlossen, daß beide

Anschlußklemmen des Widerstands und des Gleiters angeschlossen sind.

Vorsilben - wir schreiben sie vor der Grundeinheit und zeigen so, wievielfach eine Einheit größer oder kleiner von der Grundeinheit ist.

Protonen - Atomteilchen, die eine positive elektrische Ladung haben.

Leiter - sind Stoffe, die sehr gut den elektrischen Strom leiten.

Pol - ist jener Ort am Magnet, an dem die Magnetkräfte am stärksten sind.

Halbleiter - sind Stoffe, die die Eigenschaft von Isolatoren und Leitern haben. Wenn wir diese bearbeiten und dann auf bestimmte Weise verwenden, sind es Halbleiter.

Rückkopplung - ist die Verbindung in der Schaltung, die einen Teil der Ausgangsinformation der Schaltung zurück an den Eingang der gleichen Schaltung bringt.

pulsierender Strom - ist ein solcher Strom, der durch den Leiter immer nur in eine Richtung fließt, jedoch so, daß sich die Stromstärke ändert.

Computer - eine Anlage, die im Stande ist, die erhaltenen Daten zu verarbeiten bzw. mit den erhaltenen Daten bestimmte Operationen (z. B. Ausrechnungen) durchzuführen.

RAM - (random access memory) ein Direktzugriffsspeicher für Computer, bei dem die Daten in beliebiger Reihenfolge abgerufen oder eingeschrieben werden können.

Reed-Kontakter - ist ein Röhrrchen, in welchem sich zwei Kontakte befinden. Wenn wir sie magnetisieren (mit einem Magnet oder Elektromagnet), ziehen sie sich an und durch sie kann der elektrische Strom fließen.

Relais - ist eine Vorrichtung mit einem Elektromagnet, die ein Eisenstück anzieht und dadurch auch bewegliche Kontakte auf unbewegliche drücken kann. Das Relais verwenden wir, um mit dem elektrischen Strom die Kontakte einzuschalten.

Roboter - sind Maschinen, deren Bewegungen von Computern gelenkt sind.

ROM - (read only memory) ein Festwertspeicher von dem wir nur abrufen und lesen können. Sehr häufig sind solche Speicher in der Form eines integrierten Schaltkreises hergestellt, der auf der oberen Seite ein durchsichtiges Fensterchen hat.

Sensortaste - ist eine Taste, die auf die Berührung reagiert.

Schema - ein Schaltplan der elektrischen Schaltung.

Schaltplan - ein Plan, in dem veranschaulicht wird, wie die einzelne Elemente in der Schaltung untereinander geschaltet sind.

stabil - ist jener Zustand, welcher sich von sich aus nicht verändern wird.

Schalter - ist ein Element der Schaltung, mit welchem wir den elektrischen Strom unterbrechen oder einschalten können.

Leuchtdiode - ein Element der Schaltung, in welchem sich die elektrische Energie in Licht umwandelt.

Temperatur - ist eine Angabe, die uns sagt, wie warm oder kalt eine Sache ist.

Thermistor - ist ein Widerstand, in welchem sich wegen der Temperaturveränderung der Widerstandswert sehr ändert.

Fühler - ist jenes Element, das den nichtelektrischen Einfluß in elektrischen umwandelt (z. B. Feuchtigkeitsfühler).

Taste - ist ein elektrischer Schalter, der nur dann geschlossen ist, wenn wir in gedrückt halten.

Transistor - ist ein Halbleiterelement, an welchem wir durch äußerlichen Einfluß (mit elektrischem Strom, der in den Steueranschluß fließt) seinen Widerstandswert stark verändern können.

Transistor NPN - ein Transistor, der für die Normalfunktion den Kollektor an die positive, den Emmitter aber an die negative Spannung angeschlossen haben muß.

Transistor PNP - ein Transistor, der für die Normalfunktion den Kollektor an die negative, den Emmitter aber an die positive Spannung angeschlossen haben muß.

Spule - ist ein Element der Schaltung, in welchem sich die Energie so speichert, daß durch sie der elektrische Strom durchfließt, sich aber nicht ändert.

Universalinstrument - siehe AVO-Meter

Widerstand - ist ein Element der sich dem Durchfluß der elektrischen Energie so widersetzt, daß sich in ihm die elektrische Energie in Wärmeenergie umwandelt.

Widerstandswert - ist die Eigenschaft der Widerstände. Sie wird in Ohm (Ω) gemessen.

Gleichrichter - ist eine Vorrichtung, die Wechselstrom in Gleichstrom umwandelt. Gewöhnlich ist dies eine Vorrichtung, die wir an den

Netzanschluß anschließen, an seinen Ausgängen hat sie aber eine Gleichspannung, an die wir Anlagen anschließen können, die nur unter Gleichspannung funktionieren (z. B. Transistorempfänger).

hochfrequente Signale - sind Signale solcher Frequenzen, die wir nicht hören können. Das sind alle Signale, die eine Frequenz über 20 kHz haben.

Voltmeter - ist ein Instrument, mit welchem wir die elektrische Energie messen können.

Lautsprecher - ist eine Anlage, in der sich die elektrische Energie in Schallwellen umwandelt.

Glühlampe - ist ein Element, das elektrische Energie so in Wärmeenergie umwandelt, daß der Faden in der Glühlampe sehr stark aufglimmt und leuchtet. Wegen der Wärme sind die Glühlampen auch heiß.

INHALTSVERZEICHNIS:

Willkommen junge Leserin, willkommen junger Leser	3
Liebe Eltern!	4
Fangen wir an!	4
Maßeinheiten	5
Grundbausteine der Elektroschaltung	6
Der elektrische Stromkreis	6
Batterie	6
Stromleiter	7
Der Schalter	7
Der Strom	8
Der Wechselstrom	8
Die Frequenz	8
Widerstand	9
Kurzschluß	12
Geöffnete Klemmen	12
Die Masse	12
Kondensator	13
Spule	14
Thermistor	15
Glühbirne	15
Halbleiterdiode	15
Transistor	16
Die Montageplatte - (Fachlich Bestückungsplattengenannt)	17
Verzeichnis des beigefügten Setsinhalts	19
Hundert Schaltungen:	
1. Der einfache elektrische Stromkreis	20
2. Der elektrische Stromkreis mit einem Schalter	20
3. Hintereinanderschaltung zweier Elemente	20
4. Ist es wichtig, wie wir einen Widerstand anschliessen?	21
5. Ist es wichtig, wie wir eine Glühbirne anschliessen?	21
6. Ist die Reihenfolge der Elemente in der Hintereinanderschaltung (Reihenschaltung) von Bedeutung?	21
7. Strom durch einen Widerstand	21
8. Stromkreis mit regulierbarem elektrischen Strom	22
9. Spannungsteilung an zwei in Reihegeschalteten Widerständen	23
10. Stromkreis in der Leuchtdiode	24
11. Ist es wichtig, wie wir die Leuchtdiode anschliessen?	25
12. Schaltung mit zwei umgekehrt gedrehten Leuchtdioden	26
13. Schaltung mit einer Glühbirne und einer Leuchtdiode (1)	26
14. Schaltung mit einer Glühbirne und einer Leuchtdiode (2)	26

15. Schaltung mit einer Glühbirne und einer Leuchtdiode (3)	27
16. Parallelschaltung	27
17. Stromänderung im Zweig der Parallelschaltung	27
18. Noch ein Beispiel der parallelen Schaltung	29
19. Gleichzeitige Leuchtkraftänderung zweier Leuchtdioden	29
20. Schaltung mit in Reihe geschalteten Glühbirne und einer Leuchtdiode	30
21. Der Kondensator als Quelle der elektrischen Energie	30
22. Wie schnell entleert sich ein Kondensator?	31
23. Einen Kondensator können wir wiederholt auffüllen und entleeren	31
24. Durch einen Kondensator kann auch ein Wechselstrom fließen	32
25. Parallelschaltung der Kondensatoren	32
26. Hintereinanderschaltung der Kondensatoren	33
27. Elektromagnet	34
28. Hermetischer Kontaktler	35
29. Relais	36
30. Lautsprecher	36
31. Lernen wir den Transistor kennen	37
32. Was passiert, wenn wir den Transistor verkehrt herum drehen?	38
33. Transistor als Schalter	38
34. Verkehrt gedrehter Transistor	39
35. Wie verhält sich der Transistor, wenn wir nur die Basis und den Emitter beobachten?	39
36. Beim Transistor verhält sich die Richtung Basis-Emitter wie eine Diode	40
37. Wie verhält sich der Transistor, wenn wir nur die Basis und den Kollektor beobachten?	40
38. Beim Transistor verhält sich die Richtung Basis-Kollektor wie eine Diode	40
39. Schaltung zur Prüfung von Transistoren	41
40. Wie stellen wir fest, wie die Anordnung der angeschlossenen Kontakte im Transistor ist?	41
41. Testschaltung der Transistoren vom Typ PNP	42
42. Den Strom, der in die Basis fließt, können wir durch den Kollektorwiderstand bringen	43
43. Den Strom, der in die Basis fließt, können wir durch den Spannungswiderstand des Widerstandsverteilers bringen	43
44. In Reihe Schaltung zweier Transistorschalter	44
45. Transistor als Abgleichwiderstand	44
46. In Reihe Schaltung zweier Transistorenverstärker	45
47. Eine Graphitschicht mit dem Bleistift auf Papier gebracht, ist auch ein Widerstand	46
48. Die Graphitschicht auf dem Papier kannst du als Potentiometer einsetzen	46
49. Elektronischer Wächter	47
50. Flüssigkeitsniveaumelder	47
51. Melder eines niedrigen Flüssigkeitsniveaus	48
52. Einphasige Niederfrequenzverstärker	48
53. Zweiphasige Niederfrequenzverstärker	49
54. Noch eine Ausführung des Verstärkers	50
55. "Light Show"	50
56. Eine Sensorschaltung mit zwei Transistoren	51

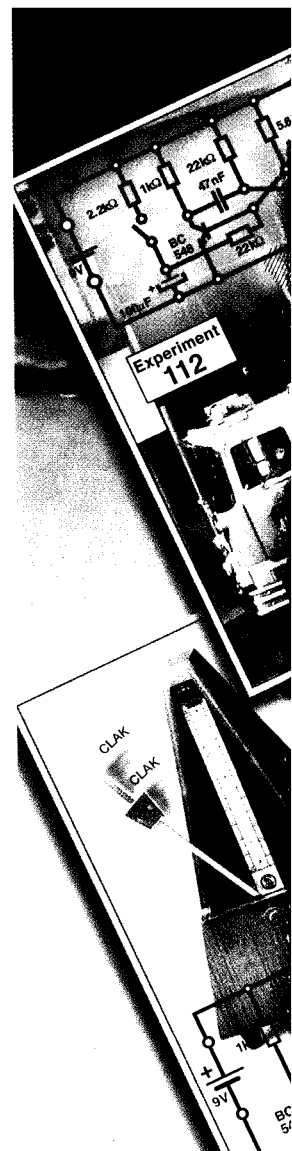
57. Eine Sensorschaltung, die eine Anlage ausschaltet	51	100. Elektronischer Metronom	78
58. Kondensator und Transistor (1)	52	101. Multivibrator und Lautsprecher als Summer	79
59. Kondensator und Transistor (2)	52	102. Summer zum Erlernen der Morsetelegraphie	79
60. Kurzzeitiges Einschalten einer Anlage	53	103. Klappervorrichtung	80
61. Schalter mit einstellbarer Zeitverzögerung	53	104. Wechslein- und ausschaltung von Anlagen	80
62. Schaltung zur Prüfung der Elemente	54	105. Elektronischer Wächter mit Tonsignalisierung	81
63. Schaltung zur Prüfung von Dioden	54	106. Elektronischer Wächter mit Lichtsignal	82
64. Geräuschgenerator	56	107. Lichtsignalisierung zur Feuchtigkeitsmeldung	82
65. Temperaturempfindlicher Schalter	56	108. Tonalarm zur Feuchtigkeitsmeldung	82
66. Die elektrische Kerze	57	109. Blumenwächter	82
67. Temperaturveränderungsmelder	58	110. Akustisches Spielzeug	83
68. Genau bestimmter Flüssigkeitsniveau-Melder im Reservoir	59	111. Zweiton-Alarm sirene	84
69. Logischer Inverter (NOT)	59	112. Alarmsirene	84
70. Zwei in Reihe geschaltete Inverter	60	113. Tonsignalisierung des Temperaturfalls	85
71. Das logische "ODER" (OR)	60	114. Was ist zu tun, wenn durch den Lautsprecher kein Gleichstrom fließen darf?	86
72. Das logische "UND" (AND)	61	115. Lautsprecher zwischen zwei Kollektoren	86
73. Das logische "verneinte ODER" (NOT OR bzw. NOR)	61	116. Schaltung zur Gewinnung negativer Spannung	87
74. Das logische "verneinte UND" (NOT AND bzw. NAND)	62	117. Verbesserte Schaltung zur Gewinnung negativer elektrischer Spannung	88
75. Das logische NAND, hergestellt aus AND und NOT	62	118. Noch ein Tongenerator	88
76. Das logische NOR, hergestellt aus OR und NOT	63	119. Musikinstrument	89
77. Zusammensetzungsbeispiel der logischen Funktionen	63	120. Oszillator, hergestellt mit einer Kette von Widerständen und Kondensatoren	89
78. Die logische Flip-Flopschaltung	64	Abschluss	90
79. Noch eine Auslösungsart des Flip-Flop-Multivibrators	65	Wer ist das?	90
80. Auslösung des Flip-Flop-Multivibrators mit Strom in die Basis	66	Vokabular	92
81. Flip-Flop-Multivibrator und Sensortasten	66	Inhaltsverzeichnis	96
82. Speicherschaltung	67		
83. Flip-Flop-Multivibrator als Dualverteiler	67		
84. Ein- und Ausschalten des Lichts mit einem Schalter	69		
85. Monostabiler Multivibrator	69		
86. Auslösung des monostabilen Multivibrators mit Einfluss am Kollektor	70		
87. Auslösung des monostabilen Multivibrators mit Strom in die Basis	70		
88. Schalter, empfindlich auf Geräusche	71		
89. Lichtregler	71		
90. Elektrischer Schalter mit Hysteresis	72		
91. Blinkleuchte	73		
92. Die Funktionsregulierung eines Kühlschranks	74		
93. Stufenautomat	74		
94. Symmetrischer instabiler Multivibrator	75		
95. Veränderung der Art des Funktionierens des instabilen Multivibrators	76		
96. Lichtregulator mit einem Multivibrator	77		
97. Veränderung der Frequenzfähigkeit des instabilen Multivibrators	77		
98. Autoblinker	78		
99. Geschwindigkeitseinstellung der Autoscheibenwischer	78		

MEHANO[®]

Mehano, d.o.o.
Polje 9, 6310 Izola
Slovenija

Tel.: ++386 66 6080
Fax: ++386 66 608 101
<http://www.mehano.si>
E-mail: sales@mehano.si

CE



PLAY ELECTRONICS

120 expériences dans le
domaine de l'électronique

Fabricant et titulaire des droits
d'auteur:
Mehano s.r.l.
Polje 9
SI - 6310 Izola, Slovenie
Boîte postale 83

DROITS ET OBLIGATIONS

En achetant ce manuel, vous vous engagez à respecter toutes les prescriptions dans le domaine des droits d'auteur relatifs à ce genre d'œuvres et de ne pas violer ces droits.

Le contenu de ce livre est protégé par la loi des droits d'auteur. Aucune partie de ce manuel ne peut être reproduite, recopiée, photocopiée ou transmise dans n'importe quel média de stockage informatique, sans une autorisation préalable écrite de l'éditeur.

Tous les circuits et expériences décrits dans ce livre ont été soigneusement examinés et testés. Cependant, l'éditeur dégage toute responsabilité pour un dommage physique et/ou matériel ou lésion quelconque pouvant survenir lors de l'utilisation et l'assemblage des circuits décrits dans ce livre.

Toutes les pièces de cette boîte d'expériences ont été choisies avec soin et sont considérées de notre part comme n'ayant pas de défaillance. Le fabricant de cette collection ne garantit pas chaque pièce séparément, étant donné que celles-ci peuvent facilement subir des dommages mécaniques ou électriques.

A NOS JEUNES LECTEURS ET LECTRICES

Chers jeunes lecteurs et lectrices,

Nous sommes heureux de votre décision d'entrer, grâce à ce manuel, dans l'univers fascinant de l'électronique. Nous espérons que vous trouverez beaucoup de plaisir en exécutant ces expériences. Cependant, cette boîte d'expériences n'est pas conçue seulement pour vous donner du plaisir. En exécutant les expériences et en lisant les explications pertinentes, vous acquérez de nouvelles connaissances, qui ne seront que des tout petits morceaux de ce que vous saurez sur l'électronique un jour où vos connaissances auront largement dépassé, le contenu de ce livre.

N'ayez pas peur d'expériences. Une expérience vaut mieux que les opinions de mille experts. Vérifions chaque nouvelle idée! Si le circuit ne fonctionne pas comme il faudrait, ne soyez pas découragés. Une fois trouvé et solutionné le problème, vous apprendrez des choses nouvelles et utiles, que vous pourrez exploiter lors de l'exécution des autres expériences.

Tous les circuits proposés dans ce manuel ont été conçus pour éviter les blessures et ne pas causer de dommages à votre entourage. À l'exception de petites égratignures sur vos doigts, le pire que vous puissiez faire est d'endommager quelque élément. Si la pièce devient défectueuse ou ne fonctionne pas correctement, vous pouvez facilement la remplacer par une autre que vous trouverez dans presque chaque magasin d'équipements électroniques.

Ce manuel décrit un grand nombre de différents circuits. Certains sont tellement simples qu'ils ne nécessitent aucune explication. D'autres sont compliqués et vous ne serez peut-être pas en mesure de comprendre complètement et tout de suite comment ils fonctionnent. Après avoir étudié encore une fois et plus attentivement les instructions, vous serez capables de construire les circuits les plus difficiles. Pourtant, si vous ne comprenez pas une expérience ou elle ne vous intéresse pas, vous pouvez la sauter sans problème et y revenir plus tard.

La diversité des circuits, dont vous avez certainement connu

quelques-uns à l'école, offre à chacun une occasion d'apprendre quelque chose de plus sur le sujet. En plus, les descriptions détaillées des circuits et de leur fonctionnement qui vous offre ce manuel, pourront bien vous servir dans vos activités scolaires.

ATTENTION!

POUR RAISON DE SECURITE, TOUS LES CIRCUITS SONT PREVUS POUR UN FONCTIONNEMENT A LA PUISSANCE DES BATTERIES.

POUR LES ESSAIS UTILISER LA BATTERIE 9V **IEC 6LR61**.

NE PAS ESSAYER D'ASSEMBLER LE CIRCUIT EN LE RACCORDANT AU RESEAU D'ELECTRICITE! CELA POURRAIT METTRE EN DANGER VOTRE VIE ET VOTRE ENTOURAGE! LE COURANT ELECTRIQUE VENANT DE LA PRISE SECTEUR EST DANGEREUX ET PEUT CAUSER LA MORT OU PROVOQUER UNE INCENDIE! LA BOITE D'EXPERIENCES ET SES ELEMENTS NE SONT PAS PREVUS POUR FONCTIONNER SOUS LA TENSION DE RESEAU ELECTRIQUE.

IL EST SOUHAITABLE D'EXECUTER CES EXPERIENCES UNIQUEMENT SOUS SURVEILLANCE DES ADULTES.

NE PAS EXECUTER DES EXPERIENCES NON DECRITES DANS CE MANUEL.

SI LE CIRCUIT NE SERA PAS UTILISE POUR UN CERTAIN TEMPS, ENLEVER LA BATTERIE.

LES CIRCUITS ELECTRIQUES DOIVENT S'ALIMENTER UNIQUEMENT AU MOYEN DE LA BATTERIE PRECONISEE.

DES PILES ALKALINES SONT RECOMMANDEES AVEC NOTE SUPPLEMENTAIRE "VERTE".

NE STOCKER JAMAIS LES PILES AVEC DES INSTRUMENTS METALLIQUES (RISQUE DE FEU OU D'EXPLOSION).

NE JAMAIS ESSAYER DE RECHARGER LES PILES.

LE REMPLACEMENT DES PILES DOIT ETRE EFFECTUE PAR UN ADULTE.

NE PAS JETER LES PILES USAGEES DANS LA NATURE OU DANS LE FEU.

PLACER LES PILES VIDES DANS DES CONTENEURS ADEQUATS.

LE PRODUIT CONTIENT DES ELEMENTS QUI ONT DES BORDS ET PARTIES TRANCHANTS.

LES PIECES CONTENUES DANS CETTE BOITE D'EXPERIENCES SONT DE PETITES DIMENSIONS ET ONT LES BORDS TRANCHANTS. CE PRODUIT N'EST DONC PAS RECOMMANDE AUX ENFANTS AU DESSOUS DE 9 ANS.

CONSERVER CES INFORMATIONS POUR UTILISATION ULTERIEURE.

CHERS PARENTS!

En achetant ce manuel, vous entrez encore une fois, avec votre enfant, dans l'univers de l'électronique. Si vous vous sentez à l'aise avec ce sujet, offrez à votre enfant votre support et stimulation. Si cet univers ne vous est pas familier, n'hésitez pas d'y entrer avec votre jeune savant promettant. L'univers de l'électronique est riche en découvertes qui se prêtent tant aux jeunes qu'aux vieux exploitateurs.

Nous profitons encore une fois de cette occasion pour souligner le fait que la boîte d'expériences est complètement sans risques.

Elle a été délibérément créée pour un fonctionnement à la puissance des batteries, l'utilisation du courant de secteur pouvait présenter un danger potentiel, particulièrement pour les utilisateurs non expérimentés. NE PERMETTEZ JAMAIS A VOTRE ENFANT D'UTILISER LE COURANT DE LA PRISE SECTEUR POUR CETTE BOITE D'EXPERIENCES! L'utilisation du convertisseur à la place de la batterie n'est même pas mentionnée. Si vous avez de l'expérience avec les produits électriques et électroniques, l'utilisation du convertisseur est autorisée, mais sous condition de votre surveillance. L'utilisation du convertisseur sans surveillance peut entraîner un dommage définitif des éléments.

INTRODUCTION

L'application des découvertes dans le domaine de l'électronique a profondément bouleversé le monde dans lequel nous vivons. Le premier transistor a été découvert il y'a à peine cinquante ans, et le circuit intégré a été utilisé pour la première fois il y'a moins de trente ans. L'électronique trouve son application dans tous les aspects de notre vie. Si vous avez des doutes, demandez à vos grandes-mères et grands-pères s'ils avaient eu une télévision ou poste de radio quand ils étaient jeunes, pour ne pas mentionner les vidéos, ordinateurs, magnétophones à cassettes portables, caméras automatiques, etc.

Ils admettront quand même que l'application de l'électronique a considérablement bouleversé leur vie. Peut-être certains se plaindront-ils en se souvenant des "beaux temps de jadis", mais ne vous inquiétez pas. Leurs grands-parents disaient la même chose. Vous direz peut-être la même chose à vos petits enfants.

L'électronique affecte vraiment notre vie et elle mérite donc toute notre attention. Le fait que vous avez en mains ce manuel est bien la preuve que vous lui faites confiance. Mais comment fonctionnent les vidéos et les ordinateurs, les montres électroniques, les lecteurs à disques compacts! La réponse n'est pas simple.

Vous avez certainement les cubes Légo à la maison. Quand votre petit frère ou soeur vous demande comment on peut construire un château, une aéronef ou une maison, vous connaissez déjà la réponse. En utilisant une multitude de petits cubes très simples. Chacun de ces cubes est très simple, mais quand vous les assemblez en un tout, vous avez fait quelque chose qui ne ressemble plus à aucune de ces pièces. Au moment de construire votre oeuvre, vous ne vous êtes surtout pas posé la question en quel matériel étaient faits ces cubes.

Il en est de même avec l'électronique. Nous pouvons imaginer qu'un circuit intégré complexe est construit d'une multitude de circuits très simples. Même les plus grands connaisseurs ne sauront dire exactement comment fonctionnent les circuits électroniques très complexes et compliqués. Vous savez sans doute utiliser une télévision ou jouer un jeu sur votre ordinateur de poche. Et là, vous ne vous faites sûre-

ment pas de souci si vous ne savez pas comment cela fonctionne. Juste comme vous devez avoir beaucoup de petits cubes pour construire un château, afin de pouvoir assembler un circuit électronique complexe, vous devriez savoir construire une multitude de circuits simples.

C'est là que ce livre pourrait vous être utile. En l'étudiant, vous apprendrez comment fonctionnent les circuits simples. Grâce aux connaissances acquises par ce manuel, vous serez capables d'assembler des circuits complexes.

Eh bien, au travail!

UNITES DE MESURE

Comme nous aurons affaire dans ce manuel aux quantités physiques, mesurées en unités diverses, nous devons d'abord dire quelque mot sur les unités de mesure utilisées dans le domaine de l'électricité et d'électronique.

En Slovénie comme d'ailleurs dans le monde entier, on utilise, en matière technique, le système d'unités- S.I. selon le terme français, Système International. Dans ce système, les unités de base sont les suivantes:

longueur	mètre	m
masse	kilogramme	kg
temps	seconde	s
courant électr.	ampère	A
température	kelvin	K
lumière	candela	cd
quantité desubstance	mole	mole

Toutes les autres unités sont dérivées de ces unités de base et peuvent être exprimées à partir de celles-ci. Par exemple, volt est une unité dérivée. Certaines équations des unités dérivées ne sont pas tellement simples; en tout état de cause, ce genre d'équations dépassent l'objectif de ce livre.

Un grande variété de choses qui nous entourent peuvent être mesurées et il est possible de déterminer leurs propriétés. Nous pouvons à titre d'exemple, mesurer la longueur d'une table. Pour ce faire, nous utilisons un instrument de mesure (p.e. une règle), avec une graduation, divisée en petites unités de longueur. L'unité de longueur est mètre.

Vous connaissez certainement d'autres mesures. La masse est mesurée en kilos, le temps en secondes, le volume en mètres cubes, etc.

Nous utilisons souvent des valeurs mesurées qui sont largement plus grandes ou plus petites des unités de mesure de base. Dans ce cas, nous utilisons les préfixes, qui indiquent combien de fois les unités que nous avons utilisées sont plus grandes ou plus petites des unités de base.

Pour les valeurs mesurées, qui sont largement supérieures à l'unité de base, nous utilisons les préfixes suivants:

préfixe	symbole	valeur	unité de base multiplié par
Kilo-	k	10^3	1,000
Mega-	M	10^6	1,000,000
Giga-	G	10^9	1,000,000,000
Tera-	T	10^{12}	1,000,000,000,000

Ainsi, 1kilomètre est-il égal à 1.000 m, et 101,6 mégahertz à 101.600.000 herz, soit:

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$$

$$101,6 \text{ Mhz} = 101.600.000 \text{ Hz.}$$

Pour les valeurs mesurées, qui sont largement inférieures à l'unité de base, nous utilisons les préfixes suivants:

préfixe	symbole	valeur	unité de base divisée par
Mili-	m	10^{-3}	1,000
Mikro-	μ	10^{-6}	1,000,000
Nano-	n	10^{-9}	1,000,000,000
Piko-	p	10^{-12}	1,000,000,000,000

Ainsi, un millimètre est-il égal à 0,001 mètre, et 10 millilitres à 0,01 litre, soit:

$$1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}$$

$$10 \text{ ml} = 0,01 \text{ l}$$

ELEMENTS DE BASE D'UN CIRCUIT ELECTRIQUE

CIRCUIT ELECTRIQUE

Nous ne pouvons ni entendre, ni voir ni sentir un courant électrique. A QUEL MOMENT UN COURANT ELECTRIQUE COMMENCE-T-IL A PARCOURIR? C'est quand il y'a une tension électrique et un circuit électrique fermé.

Supposons qu'une cuvette d'eau se trouve sur une table et une autre cuvette en dessous de la table. Si nous relient ces deux cuvettes par un tuyau en caoutchouc, l'eau commence à couler à travers ce tuyau. La cuvette de dessus se vide au fur et à mesure que celui de dessous se remplit. Plus le tuyau est large, plus il y'aura d'eau qui passe par celui-ci.

Maintenant nous posons une roue hydraulique au dessus de la cuvette inférieure. Si la roue est petite et légère, le courant du petit tuyau sera capable de la faire tourner. Si nous mettons une roue plus grande, nous devons utiliser un tuyau plus large avec un courant plus fort, ou, si nous voulons utiliser le même tuyau, nous devons déposer la cuvette de dessus, qui se trouve sur la table, en un endroit encore plus haut, sur l'armoire par exemple.

La cuvette de dessus finit par se vider, tôt ou tard. Si nous raccordons à la cuvette supérieure une pompe à main, nous pourrions pomper de l'eau de la cuvette supérieure vers celle inférieure. Ces expériences avec les cuvettes, tuyau, roue et pompe nous montrent ce qui se produit dans un circuit électrique. La cuvette de dessous représente un pôle de la batterie. Les différentes dimensions des tuyaux sont les différentes dimensions de conducteurs, parcourus par un courant électrique, plus fort ou plus faible. Les roues hydrauliques, petites et grandes jouent le rôle des consommateurs de courant, p.e. un moteur électrique fort ou faible, ou une ampoule forte ou faible. Tout comme la cuvette de dessus se vide plus vite si la roue et le tuyau sont plus grands, ainsi la batterie se décharge plus vite si le conducteur est plus large et le moteur électrique plus fort.

Au lieu d'utiliser la batterie comme source d'énergie nous utiliserons

une génératrice, comme dans une usine électrique. Dans notre cas, la pompe à eau sert de génératrice.

Dans notre système de cuvettes et de tuyau, le circuit était composé de cuvette supérieure, tuyau, roue hydraulique et finalement cuvette inférieure. Dans un circuit électrique, le courant commence à passer à partir de la prise représentant le pôle positif, il traverse ensuite le conducteur et le consommateur et passe dans la prise négative.

L'effet du courant électrique dépend de ce qui est raccordé au circuit. S'il s'agit d'un électromoteur, nous verrons que son axe commence à tourner. Si nous raccordons un bourdonneur, nous entendrons un bruit. Si nous relient une ampoule, nous verrons la lumière. Il existe beaucoup de possibilités. Pour construire tous ces circuits électriques, nous utiliserons quelques composants de base. Ce sont, par exemple, batteries, conducteurs, condensateurs, commutateurs et semi-conducteurs (diodes, diodes luminescentes, transistors, circuits intégrés).

BATTERIE

Les batteries électriques sont une source d'énergie électrique. La caractéristique principale d'une batterie électrique est la tension. En l'honneur du physicien italien Alessandro Volta, l'unité de tension est dénommée volt. Son symbole est V et le symbole de la tension est également U .

La tension entre deux pôles des petites batteries, que nous utilisons dans les magnétophones à cassettes portables est de 1,5 V. La tension entre les pôles de l'accumulateur d'une automobile est de 12 V. La tension entre les pôles d'une batterie plate à trois éléments est de 4,5 V.

Nous utilisons le même symbole pour les batteries et les accumulateurs: un trait long et étroit et, en parallèle, un trait court et épais. Le trait plus étroit représente le pôle positif et celui plus épais désigne le pôle négatif de la batterie. Si nous relient plusieurs éléments de batterie en série, nous obtenons la batterie avec une tension plus haute. Normalement, un élément de la batterie a une tension de 1,5

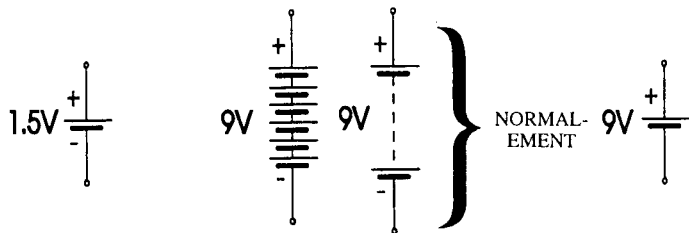


Fig. a.) Symbole de la batterie

V. Une batterie de 9 V comprend donc 6 éléments reliés en série, et celle de 4,5 V en a trois.

En général, pour représenter les éléments de la batterie reliés en série dans un schéma de circuit, les traits plus épais et plus étroits sont



Fig. b.) Les différentes batteries

désignés en forme de petits colonnes, ou on marque des points entre les deux symboles de la batterie. Les différents symboles des batteries et l'aspect visuel de ces dernières sont présentés aux figures a.) et b.).

Revenons à notre analogie avec les cuvettes; supposons que les cuvettes, reliées par les tuyaux, sont posées sur l'escalier. De la cuvette supérieure, l'eau passe dans la cuvette inférieure à travers un tuyau, et toute l'eau qui se trouvait dans les cuvettes en dessus, se vide par la cuvette de dessous. On peut comparer cela à un circuit de batteries reliées en série.

CONDUCTEURS

Nous utilisons les conducteurs pour relier les éléments des circuits électriques dans les circuits fermés. Dans les schémas de circuit, les conducteurs sont représentés par des traits. Si les conducteurs sont intersectés, les traits dans le schéma de circuit doivent être intersectés aussi. Si on doit relier les conducteurs, cela est représenté par un point dans le schéma. Lorsque les conducteurs et les éléments du circuit sont reliés en série, il ne faut pas marquer les points dans le schéma. Le contact et la liaison en série des conducteurs sont présentés à la figure c.).

Si nous comparons les conducteurs avec les tuyaux, alors il est vrai que les conducteurs plus larges peuvent transmettre plus d'électricité.

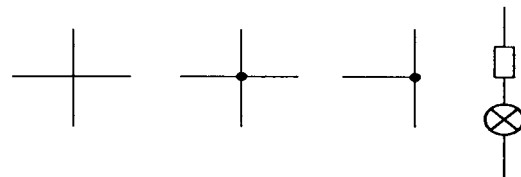


Fig. c.) Intersection, liaison et liaison en série

ité. Les fils que vous trouverez dans cette boîte d'expériences sont suffisamment larges et peuvent être utilisés dans toutes les expériences. Pour assurer que le courant passe strictement où c'est nécessaire, les fils sont isolés, l'isolation étant enlevée seulement aux extrémités des fils.

INTERRUPTEUR

Nous utilisons l'interrupteur pour relier, c'est-à-dire fermer un circuit, ou pour ouvrir, c'est-à-dire couper le circuit. L'aspect visuel et le symbole électrique de l'interrupteur sont présentés aux figures d.) et e.). Le schéma doit également indiquer si l'interrupteur est placé sur la position marche ou arrêt. Le courant électrique passe par un circuit fermé. Le courant électrique est la quantité d'électricité qui se déplace à travers un conducteur en une seconde.

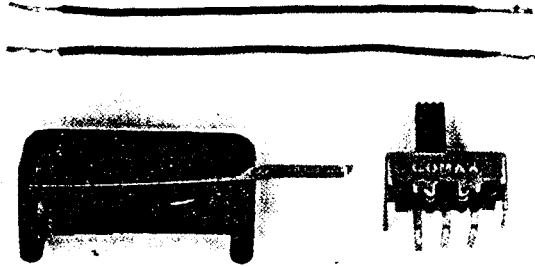


Fig. d.) Conducteurs et interrupteurs

On peut exprimer cela par l'équation suivante:

$$I = Q / t$$

étant rappelé que I est le courant, Q la quantité d'électricité parcourant le conducteur en un temps t. L'intensité de courant électrique est mesurée en ampère (A), du nom du physicien français Andre Ampère. Le symbole de l'intensité de courant est I.

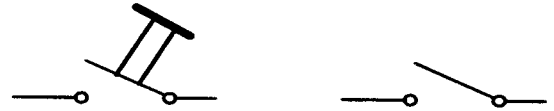


Fig. e.) Symbole pour commutateur dans diagramme de circuit

COURANT ELECTRIQUE

Si nous revenons à nos cuvettes d'eau, nous nous rappellerons que la quantité d'eau contenue dans la cuvette supérieure représente la quantité d'électricité emmagasinée dans la batterie. Le tuyau plus large sera parcouru par plus d'eau, soit d'un courant plus fort. Naturellement, la batterie se décharge plus rapidement si le courant est plus fort. Cela vaut aussi pour la batterie ou l'ampoule: si l'ampoule est plus forte, un courant plus fort traversera l'ampoule, la tension restant la même. L'ampoule s'éclaire plus fort, mais la batterie se décharge plus vite que si on avait utilisé une ampoule plus faible. L'eau d'un fleuve est aussi un courant. Comme l'eau qui passe sous un pont dans le même sens, le courant électrique continue à travers le conducteur toujours dans le même sens.

COURANT ELECTRIQUE ALTERNATIF

Supposons que nous observions un courant d'eau dans un détroit situé entre une baie et la haute mer. Que se passe-t-il avec la marée? Quand le niveau d'eau en haute mer monte, sous l'effet de la marée, les courants d'eau coulent vers la baie. Lorsque le niveau d'eau descend, les courants d'eau coulent de la baie vers la haute mer. Sous l'effet des mouvements périodiques de la mer, les courants d'eau coulent une fois dans un sens et puis dans l'autre. Nous pouvons dire que nous avons dans la baie un courant alternatif d'eau.

De même façon, dans les conducteurs électriques, le courant électrique peut passer une fois dans un sens et ensuite dans l'autre. Ce courant électrique est appelé un courant alternatif.

Bien que le courant électrique, fourni par la batterie se déplace toujours dans le même sens, nous rencontrerons dans nos expériences, des situations où le courant se déplacera d'abord dans un sens et après dans l'autre, à travers certains éléments du circuit. Autrement dit, à travers ces éléments passe du courant alternatif.

FREQUENCE

Quand il s'agit d'un courant alternatif, nous pouvons compter combien de fois en une seconde le courant électrique change de direction. Le nombre de changement de direction en une seconde s'appelle fréquence. L'unité de fréquence est hertz (Hz), du nom du physicien allemand Heinrich Hertz qui étudia les courants alternatifs.

Rappelons-nous ici le chapitre dans lequel nous avons parlé des unités de mesure de base. Là nous avons mentionné que toutes les autres mesures d'unité peuvent être dérivées des unités de base. L'unité de fréquence ne figure pas parmi les unités de base. Comment peut-elle être dérivée des autres unités? La fréquence est le nombre de changements en une seconde. Pour le "nombre de changements" il n'y a pas d'unité, par contre une seconde est une unité de base. L'unité de fréquence peut être exprimée de la manière suivante:

(unité de fréquence) = (unité de nombre de changement) / (unité de temps)

$$\text{Hz} = 1 / \text{s}$$

C'est une équation simple des unités faisant partie du système d'unités. Les autres unités (p.e. volt ou ohm) ne sont pas tellement faciles à dériver.

Si un signal alternatif a une basse fréquence, nous l'appelons signal de basse fréquence. Le courant électrique qui parcourt un ressort du haut parleur est un courant à basse fréquence. La fréquence de son que nous pouvons entendre se situe entre 16 Hz à 20 Hz. Les signaux électriques qui ont ces fréquences-là s'appellent signaux à basse fréquence. Le courant électrique qui passe par un câble entre l'antenne

et la télévision est le courant à haute fréquence.

Dans nos expériences, nous utiliserons seulement les courants alternatifs à basse fréquence.

RESISTANCE

En général, on fait une résistance au moyen d'un tube céramique rempli d'une couche résistante (p.e. du graphite ou du métal). A l'extrémité du tube il y a deux fils fixés, qui permettent de raccorder la résistance au circuit. L'aspect visuel et le symbole électrique de résistance sont présentés aux figures f.) et g.).

Si on voulait comparer les caractéristiques de la résistance avec un courant d'eau, la résistance serait la partie rétrécie du tube qui est parcouru par l'eau. Plus c'est rétréci, plus il sera difficile pour l'eau de passer par le tube.

Le courant passant par la résistance dépend de la tension sur les prises et de la résistance même. Plus grande est la tension, plus de courant passera par la résistance. Si la tension ne varie pas, plus de courant passera par la résistance plus faible. On peut exprimer cela par l'équation suivante:

$$I = U / R$$

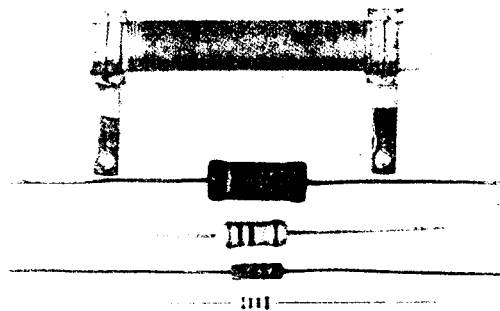


Fig. f.) Resistance

étant rappelé que I = courant dans la résistance, U = tension sur les bornes de la résistance, R = résistance. On peut exprimer cette équation d'une autre manière:

$$U = I \cdot R$$

Cette loi s'appelle la loi d'Ohm, du nom du physicien allemand George Simon Ohm, qui étudia les rapports entre le courant, la tension et la résistance dans un circuit électrique. L'unité de mesure pour la résistance électrique est ohm et son symbole est la lettre grecque Ω . De même que pour les autres unités, quand il s'agit des valeurs plus grandes, nous utilisons les préfixes kilo et méga: 1 kilo-ohm est égal à mille ohms, et 1 mégaohm à un million d'ohms. Comme les résistances ont en général de petites dimensions, les numéros marqués sur celles-ci seraient vite effacés ou difficiles à lire. C'est pourquoi nous marquons les valeurs des résistances par le petites bandes colorées.



Fig. g.) Symbole de la résistance

COMMENT DOIT-ON LIRE CES INDICATIONS?

Nous saisissons la résistance de nos mains, en sorte que les bandes colorées soient près de la partie gauche de la résistance.

S'il y'a plusieurs bandes, celle plus large doit être du côté droit. La résistance peut avoir entre trois et cinq bandes. S'il y'a plus de trois bandes, la bande droite montre la précision de la pièce.

S'il y'a trois ou quatre bandes, alors les deux premières montrent les valeurs numériques, et la troisième le nombre de zéros à ajouter aux numéros indiqués. Quand il y'a cinq bandes, les trois premières montrent les valeurs numériques et la quatrième le nombre de zéros devant suivre derrière les numéros.

Les codes des couleurs sont donnés ci-après:

- 0 noir
- 1 marron
- 2 rouge
- 3 orange
- 4 jaune
- 5 vert
- 6 bleu
- 7 violet
- 8 gris
- 9 blanc

On utilise les mêmes codes des couleurs pour indiquer le nombre de zéros à ajouter derrière les numéros:

- 0 nul
- 1 un
- 2 deux
- 3 trois
- 4 quatre
- 5 cinq
- 6 six
- 7 sept
- 8 huit
- 9 neuf

Pour marquer la résistance inférieure à 10 ohms, la valeur numérique serait trop grande. Dans ce cas, il faut diviser la valeur numérique par 10 ou par 100.

- à diviser par 10 bande d'or
- à diviser par 100 bande d'argent

La dernière bande (quatrième ou cinquième) indique quelle est la précision de la résistance. Quand on fabrique des résistances dans les usines, elles ne sont jamais toutes les mêmes. Or, les résistances, supposées être tout à fait identiques, peuvent quand même différer un

peu. Si nous prenons une boîte de ces éléments, dont la résistance déclarée est de 1000 ohms, et nous mesurons leur résistance, les valeurs obtenues ne seront pas tout à fait les mêmes. Suite à une fabrication plus précise, on peut réduire ces différences, sinon il y'aura toujours quelque différence. Figurez-vous aussi que les éléments plus précis sont quand même plus chers. C'est l'utilisateur lui-même qui doit déterminer la précision nécessaire, en fonction de ce qu'il veut en faire et du prix.

Le fabriquant accorde souvent une garantie pour la précision de ces produits. Si la précision est marquée sur la résistance, c'est fait exactement au moyen de ces bandes colorées.

- ± 10 % couleur d'argent
- ± 5% or
- ± 1% marron
- ± 2% rouge
- ± 0,5% vert
- ± 0,25% bleu
- ± 0,1 % violet

Une résistance de 100 ohms, assurant une précision de 10%, fournit donc une résistance entre 90 Ω et 110 Ω.

Regardons quelques exemples:

Une résistance à trois bandes: marron, noir, rouge.

Sa valeur est la suivante: un, zéro, deux zéros : 1000 Ω.

Une résistance à quatre bandes; orange, orange, orange, or.

Sa valeur est: trois, trois, trois zéros: 33000 Ω ou 33 kΩ.

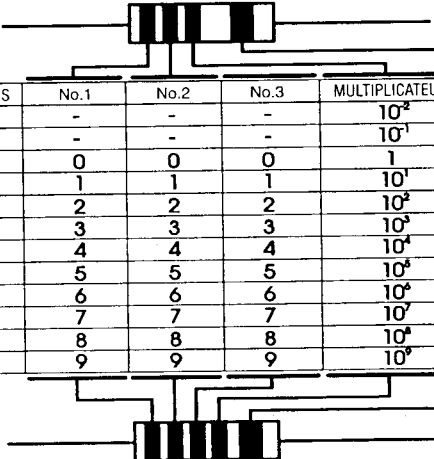
La précision: ± 5%.

Une résistance à cinq bandes: rouge, noir, vert, or (large), rouge.

La valeur en est: deux, zéro, cinq, divisé par 10: 20,5 Ω.

Precision: ± 2%.

Si nous avons besoin d'une résistance plus forte, elle doit être plus grande. Les résistances très fortes sont construites d' un tube céramique enroulé du fil résistant. Dans nos expériences nous n'utilisons pas ces résistances.



COULEURS	No.1	No.2	No.3	MULTIPLIEUR	PRECISION
Argent	-	-	-	10 ²	10%
Or	-	-	-	10 ¹	5%
Noir	0	0	0	1	-
Marron	1	1	1	10 ¹	1%
Rouge	2	2	2	10 ²	2%
Orange	3	3	3	10 ³	-
Jaune	4	4	4	10 ⁴	-
Vert	5	5	5	10 ⁵	5%
Bleu	6	6	6	10 ⁶	0.25%
Violet	7	7	7	10 ⁷	0.1%
Gris	8	8	8	10 ⁸	0.05%
Blanc	9	9	9	10 ⁹	20%

Quelquefois nous avons besoin des résistances capables de changer rapidement leur valeur. Supposons que notre résistance ait un curseur. Quand nous faisons glisser le curseur, la résistance entre le curseur et la prise de contact varie. Nous appelons ces résistances potentiomètres. Dans un potentiomètre, la couche résistante est située sur une plaquette en forme d'une bague. Le curseur est fixé sur un axe pivotant. Un exemple de l' utilisation du potentiomètre est l'expérience dans laquelle nous ajustons le volume du poste récepteur. Comme le boîtier du potentiomètre est suffisamment grand, les valeurs de résistance y sont faciles à marquer, p.e. 50K (50 kΩ). Si nous voulons utiliser le potentiomètre comme résistance réglable, nous le relions au circuit, utilisant une bride extrême et une autre

médiane, auxquelles nous raccordons le curseur du potentiomètre. Quand l'axe du potentiomètre se trouve en position où le curseur est tout proche de la bride sur laquelle nous l'avons raccordé la résistance entre cette bride et le curseur sera très faible ou même négligeable. Lorsque le curseur du potentiomètre est proche de la bride libre, la couche résistante se situe entre le curseur et la bride raccordée dans toute sa longueur, et atteint le maximum pour ce potentiomètre. C'est la résistance dont la valeur est marquée sur le boîtier du potentiomètre.

Quand nous voulons utiliser le potentiomètre comme résistance réglable, nous utilisons uniquement deux brides: celle médiane et une des extrêmes. Dans les schéma de circuit, ces résistances réglables sont souvent représentées par le symbole de résistance barré d'une flèche. La flèche tirée sur le symbole d'un élément quelconque signifie donc que c'est un élément réglable.

La figure h.) représente le schéma d'un potentiomètre et du potentiomètre servant de résistance variable.

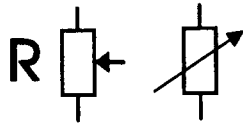


Fig. h.) Symboles du potentiomètre

COURT CIRCUIT

La résistance d'un fil, comparée à la résistance de tous les autres éléments du circuit, est très faible ou négligeable.

Si nous raccordons un fil en parallèle à un autre élément, le courant électrique passe par le fil, plutôt que par l'élément. Nous pourrions dire que le courant a choisi la voie plus facile ou "plus courte". Pour cette raison, on appelle ce pontage un court circuit. Nous appellons aussi court-circuit un pontage que l'on provoque en enfonçant sur une touche ou en appuyant pour un court moment sur un interrupteur.

CONTACT OUVERT

Si nous coupons le circuit en un certain endroit, la voie du courant électrique est interrompue, parce que l'électricité ne se transmet pas par l'air. Ces endroits nous appelons les contacts ouverts. Il suffit qu'une seule borne de raccordement de n'importe quel élément soit libre, pour que le courant ne puisse pas traverser cet élément.

MISE A LA TERRE

Nous utiliserons souvent le terme "mise à la terre". Dans le domaine de l'électrotechnique, cela signifie qu'en général une partie du circuit est reliée, au moyen d'un fil, au pôle négatif de la batterie. Dans une automobile, nous disons pour chaque conducteur raccordé au châssis, qu'il est "mis à la terre". Dans nos circuits, ce terme indiquera un raccordement au pôle négatif de la batterie.

En général, on mesure la tension entre un point déterminé et la mise à terre, ou le pôle négatif de la batterie. Si vous voyez donc 9V indiqué sur un collecteur, cela veut dire que la tension est mesurée entre le collecteur et le pôle négatif de la batterie. Le symbole de la mise à la terre est représenté dans le schéma i.).

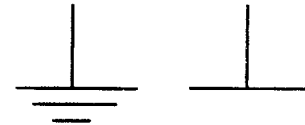


Fig. i.) Symbole de la mise à la terre

CONDENSATEUR

Un condensateur est constitué de deux plaquettes parallèles séparées par une couche qui ne conduit pas l'électricité.

Pour réduire les dimensions du condensateur, il est enroulé comme un rouleau de papier.

La propriété du condensateur de recevoir une certaine quantité d'électricité s'appelle la capacité. L'unité de capacité s'appelle farad

(F), du nom du physicien anglais Michael Faraday. Le symbole de capacité est C. Le farad est une unité très grande. Pour cette raison nous utilisons les unités plus petites: un microfarad (μF) est un milliardième du farad et un nanofarad (nF), est encore mille fois plus petit. En général, la valeur numérique de capacité est indiquée sur le condensateur.

Comment présenter un condensateur dans nos expériences? Si nous posons un ballon vide à l'extrémité d'un tube, celui-là se remplira d'eau. Si nous enlevons maintenant le tube, l'eau commence à jaillir du ballon. Plus grand est le ballon, plus d'eau il reçoit. Si nous posons maintenant encore plus haut la cuvette supérieure, le ballon

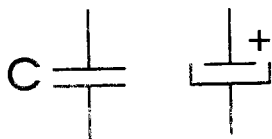


Fig. j.) Symboles d'un condensateur normal et du condensateur électrolytique

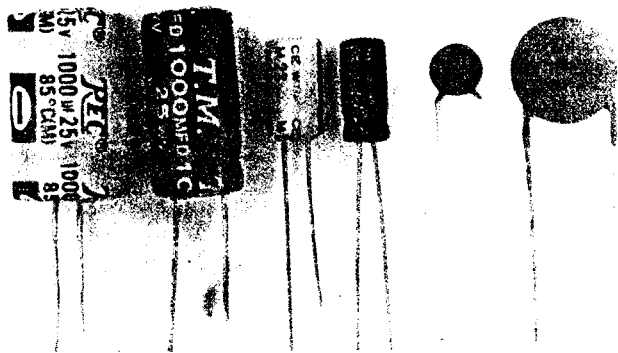


Fig. k.) Condensateur

recevra plus d'eau.

On peut dire que dans un condensateur, la hauteur de la cuvette supérieure représente la tension sur ses brides, le volume du ballon est la capacité, et la quantité d'eau dans le ballon la charge électrique. La capacité du condensateur est donc:

$$C = Q / U$$

étant rappelé que Q est la quantité électrique (en coulomb C), sur les plaquettes du condensateur, U la tension sur les prises de sortie du condensateur (en volt). Si la capacité du condensateur est plus grande, il reçoit plus de charge électrique, la tension restant la même. Les condensateurs que nous utiliserons dans nos expériences ont des dimensions et formes différentes. Certains ont la forme des plaques, munis des fils sur les deux surfaces. Ce sont des condensateurs céramiques. D'autres sont en forme de cylindres ou cubes plastiques. Ceux-ci sont enroulés à l'intérieur et protégés d'un boîtier. Un troisième type sont les condensateurs électrolytiques, pour lesquels il est très important comment ils sont raccordés.

Sur le boîtier du condensateur électrolytique il est en général marqué quelle borne est à relier au pôle positif et laquelle il faut relier au pôle négatif. Les condensateurs électrolytiques ont aussi sur leurs boîtiers une indication de tension qu'ils peuvent recevoir. Si nous raccordons le condensateur électrolytique à une tension plus haute, il sera vite détruit. La capacité des condensateurs électrolytiques est de plusieurs microfarads.

L'aspect visuel et le schéma du condensateur normal et électrolytique sont présentés aux figures j.) et k.).

BOBINAGE

Un bobinage est en effet un long fil enroulé sur un support. Si nous laissons le courant électrique parcourir le bobinage, il travaillera comme un aimant. Nous pouvons observer comment le bobinage parcouru par le courant électrique attire des brins de fer, comme du fil, des écrous et des vis.

Le bobinage résiste aux changements du courant qui le parcourt. Un

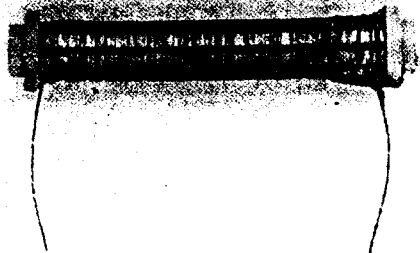


Fig. l.) Bobinage



Fig. m.) Symbole du bobinage

tube long et enroulé, parcouru par l'eau, travaille de la même manière. Si le tube est long, il y'a beaucoup d'eau dedans. Si nous enlevons le tube du robinet, l'eau continue à couler pour un certain temps avant de se ralentir et d'arrêter de couler.

La propriété du bobinage est l'inductance. L'unité d'inductance est henry (H), du nom du physicien anglais Joseph Henry. Le symbole de l'inductance est L.

La bobine et son symbole électrique sont présentés aux figures l.) et m.).

THERMISTANCE

Une thermistance est un type particulier de résistance. La caractéristique en est que sa résistance change considérablement si nous la chauffons. En fonction de la hausse ou de la baisse de résistance de la thermistance chauffée, on dit qu'elle a un coefficient de température positif ou négatif. La résistance de la thermistance est toujours

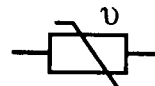


Fig. n.) Symbole du thermistance

mesurée à la température ambiante (20°C). Cette boîte d'expériences contient une thermistance dont la résistance baisse quand nous la chauffons.

Par leur aspect extérieur, les thermistances ressemblent souvent aux résistances céramiques. La résistance est marquée ou par un chiffre ou par une couleur, le premier symbole étant marqué sur la partie opposée par rapport aux fils d'alimentation.

L'aspect visuel du thermistore et les symboles électriques sont présentés aux figures n.) et o.).

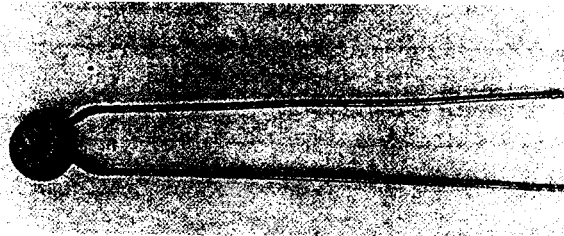


Fig. o.) Thermistance

AMPOULE

Cette boîte d'expériences contient une ampoule que nous utiliserons dans nos circuits.

Le symbole électrique de l'ampoule est présenté à la figure p.), l'aspect visuel de l'ampoule à la figure s.).

L'ampoule à filament fut découverte presque simultanément par deux inventeurs: l'américain Thomas Alva Edison et l'anglais Sir Joseph William Swan.



Fig. p.) Symbole de l'ampoule

DIODE SEMICONDUCTRICE

Une diode semiconductrice tire profit des propriétés des substances qui conduisent du courant électrique uniquement sous certaines conditions.

La propriété de la diode semiconductrice réside dans le fait qu'elle conduit du courant électrique uniquement dans un sens et pas dans l'autre. Nous devons donc bien regarder que la diode soit tournée dans le bon sens quand nous la raccordons au circuit. Le sens du courant est marqué sur la diode. L'extrémité positive de la diode s'appelle anode, et celle négative cathode. Le courant électrique commence à parcourir la diode lorsque l'anode est reliée à la borne positive et la cathode à la borne négative de la batterie.

Si la diode est en forme cylindrique, la cathode est marquée par un trait coloré, ou le symbole de la diode est indiqué sur le corps de la diode. Une variété de diode est la diode lumineuse (LED). Quand un courant électrique parcourt une diode lumineuse, elle s'allume. Les diodes lumineuses sont faites de manière à émettre la lumière de différents couleurs, par exemple rouge, verte ou jaune. L'extrémité des diodes lumineuses, appelée cathode, est plus

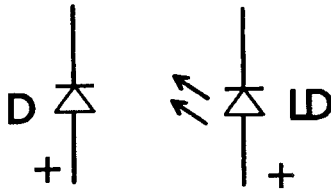


Fig. r.) Symbole de la diode et de la diode lumineuse

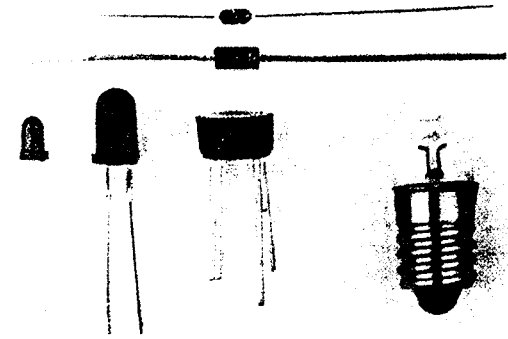


Fig. s.) Ampoule et diode

courte et la bague du logement de la diode est coupée du côté de la cathode.

Les différents types de diodes lumineuses et les symboles électriques correspondants sont présentés aux figures r.) et s.).

TRANSISTOR

Le transistor est le fruit des travaux de recherches menés dans les laboratoires de la société américaine Bell. Il a été découvert en 1948 par Walter H. Brattain, John Bardeen et William Shockley. La découverte du transistor déclencha une vague irrésistible dans l'évolution de l'électronique, que nous vivons encore aujourd'hui. Le transistor est un élément semiconducteur avec trois prises de sortie. Sa caractéristique réside dans le fait que la résistance varie en fonction du courant qui passe dans ses trois prises de sortie.

Quelle analogie pouvons-nous trouver entre le travail du transistor et un courant d'eau? Supposons que nous avons muni le tuyau d'une soupape. La soupape est fermée au moyen d'un ressort. Sur l'axe de la soupape il y a une longue manivelle avec un petit bassin dans lequel on a réalisé un trou par lequel l'eau s'évacue lentement. Au moyen d'un autre tuyau plus large, nous envoyons de l'eau du bassin

vers le petit bassin. Le bassin se remplit et la manivelle de la soupape commence à se déplacer ouvrant ainsi la soupape du tuyau plus large. Maintenant, beaucoup plus d'eau peut passer à travers le tuyau. Lorsque nous fermons le petit tuyau, le bassin se vide d'eau, le ressort pousse la manivelle et la soupape se ferme. Une petite quantité d'eau nous permet donc de contrôler le courant d'eau dans le grand tuyau.

Le grand tuyau a été amené du réservoir vers la soupape. Ce raccordement sur la soupape s'appelle un collecteur. Le courant d'eau passant à travers le grand tuyau est contrôlé par du courant qui se déplace à travers le petit tuyau vers le petit bassin. Le petit bassin est appelé base. Depuis notre soupape et le petit bassin, l'eau passe dans le bassin commun (appelons-le un émetteur), et de là, l'eau passe dans le bassin de dessous.

Dans le transistor les trois prises sont appelées collecteur, base et émetteur. Sur le boîtier des transistors, les prises sont très rarement

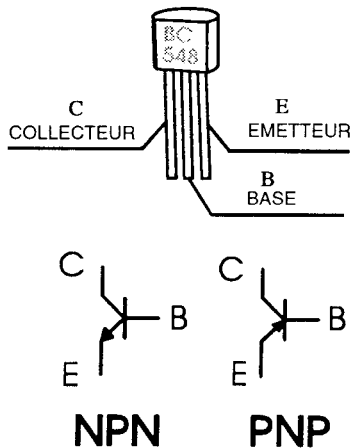


Fig. t.) Symboles des transistors

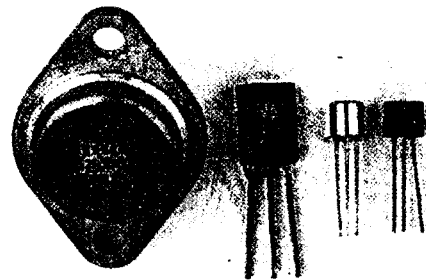


Fig. u.) Les différents transistors

indiquées. Si c'est le cas, c'est en général l'émetteur qui est indiqué. Cependant, les prises ne sont pas toujours disposées de la même manière, et nous ne pouvons pas dire que la base est la prise médiane, comme c'est présenté dans le schéma t.). Pour déterminer comment les prises sont disposées, il faut se reporter au catalogue présentant les propriétés de l'appareil.

Le schéma u.) montre plusieurs types de transistors. Il indique également la disposition des prises du transistor BC 548, contenu dans notre boîte d'expériences.

Le schéma montre le symbole du transistor. Le trait large est la base. De celle-ci sort un trait oblique, celui du collecteur. Le troisième trait est avec une flèche. Cette flèche désigne la direction du courant dans le transistor. Si la flèche est détournée de la base, le courant passe depuis la prise de l'émetteur vers l'extérieur, et c'est un transistor NPN. Si la flèche est tournée en direction de la base, il s'agit d'un transistor PNP. Le principe est le même dans les deux types, à seule exception que le courant passe dans les différents sens.

Notre boîte d'expériences contient uniquement les transistors NPN.

PLANCHE DE CIRCUIT

Nous exécuterons toutes les expériences décrites dans ce manuel sur une planche de circuit. La planche est conçue de manière à éviter l'utilisation du fer à souder, tournevis ou pincaux. Tous ces circuits peuvent être réalisés à la main. Dans la planche de circuit sont réalisés

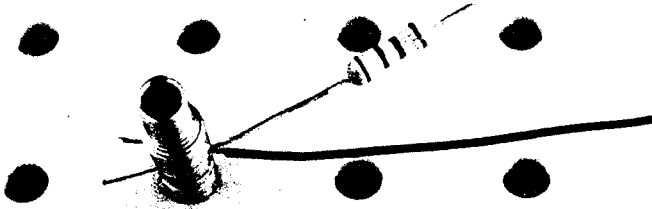


Fig. v.) Mise en place des brides de ressort sur la planche de circuit

des trous. Lors d'assembler les circuits, vérifiez la disposition des prises sur le schéma ci-joint. Insérez alors les brides de ressort conformément au schéma v.)

Si le fil passe par une spire de ressort, il peut vite en tomber et le circuit ne pourra pas fonctionner. Il faut donc que le fil passe par au moins deux spires. Il est entendu que sur le point de raccordement l'isolation doit être enlevée du fil. Le schéma z.) montre un fil

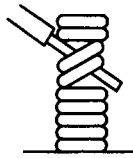


Fig. z.) Insertion du fil dans la bride de ressort

inséré correctement dans la bride de ressort.

Préparez avec précaution l'élément que vous désirez connecter. Ne tordez jamais le fil à l'endroit où il est raccordé à l'élément. Si le fil est tordu plusieurs fois en même endroit, il risque de se rompre et l'élément ne pourra pas fonctionner.

Fixez la batterie sur la planche afin qu'elle n'entraîne pas tout le circuit par son propre poids. Vous pouvez le faire en utilisant des matériels contenus dans notre boîte (les fils et les brides de ressort). Maintenant, comme nous avons appris quels sont les éléments de la boîte d'expériences, nous pouvons commencer l'assemblage des circuits électriques. Pour chaque circuit, il faut étudier minutieusement en quoi il consiste. Ensuite il faut chercher les éléments dans la boîte. Disposer les brides de ressort comme indiqué dans le schéma de circuit. Comparez le circuit avec le schéma de circuit.

Vous pouvez commencer à assembler les circuits. D'abord, fixez les brides de ressort, ensuite les fils, les interrupteurs, les résistances, les condensateurs etc. Les éléments semiconducteurs sont à raccorder à la fin. Avant de raccorder la batterie, vérifiez si tous les éléments sont reliés correctement. Attention au raccordement des éléments semiconducteurs et les condensateurs électrolytiques.

Si vous n'avez pas commis d'erreurs, le circuit fonctionne. Si non, débrancher immédiatement la batterie et essayez de trouver la cause du problème.

Nous vous souhaitons bonne chance et amusez-vous bien!

CONTENU DE LA BOITE D'EXPERIENCES

No	Elément	Pièces
1.	planche de circuit	1
2.	brides de ressort	30
3.	ampoule 12 V / 0.05A	1
4.	logement de l'ampoule	1
5.	interrupteur	1
6.	prise de batterie 9V	1
7.	aimant	1
8.	relai	1
9.	transistor BC 548	3
10.	diode luminescente rouge	1
11.	diode luminescente verte	2
12.	haut-paleur 0.5 W, 8 Ω	1
13.	diode 1N4004	2
14.	thermistance NTC 10 k Ω	1
15.	relai reed	1
16.	indicateur d'humidité	1
17.	potentiomètre de 100 Ω	1
18.	potentiomètre de 10 k Ω	1
19.	potentiomètre de 47 k Ω	1
20.	résistance de 33 Ω , 0.5 W	1
21.	résistance de 56 Ω , 0.5 W	1
22.	résistance de 100 Ω , 0.5 W	1
23.	résistance de 270 Ω , 0.5 W	1
24.	résistance de 1 k Ω , 0.5 W	2
25.	résistance de 2.2 k Ω , 0.5W	1
26.	résistance de 5.6 k Ω , 0.5W	1
27.	résistance de 22 k Ω , 0.5W	3
28.	résistance de 100 k Ω , 0.5W	1
29.	condensateur céramique de 1.5 nF	1
30.	condensateur céramique de 10 nF	2

31.	condensateur céramique de 47 nF	1
32.	condensateur électrolytique de 100 nF	1
33.	condensateur électrolytique 100 μ F/16V	2
34.	condensateur électrolyt. 1000 μ F /16V	1
35.	fil de raccordement de 55 mm de longueur	4
36.	fil de raccordement de 100 mm de longueur	6
37.	fil de raccordement de 150 mm de longueur	4

CENT CIRCUITS

1. CIRCUIT ELECTRIQUE SIMPLE.

Insérez l'ampoule dans son logement. Raccordez l'ampoule et les fils de la batterie comme indiqué dans le schéma. Ensuite reliez la batterie. Depuis le pôle positif de la batterie, le courant électrique passe

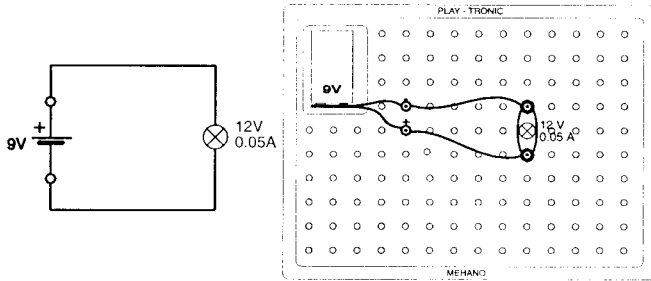


Fig. 1

à travers le fil jusqu'à l'ampoule, et par l'ampoule et l'autre fil vers le pôle négatif. L'ampoule reste éclairée jusqu'à ce que la batterie ne se décharge pas ou jusqu'au moment où on coupe le circuit.

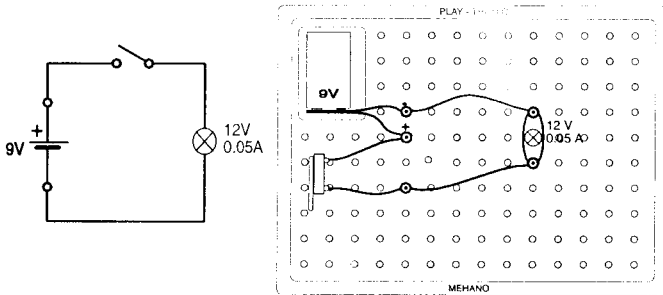


Fig. 2

2. CIRCUIT ELECTRIQUE AVEC INTERRUPTEUR

Insérez encore une bride de ressort et connecter l'interrupteur au circuit. L'ampoule s'éclaire uniquement si l'interrupteur est placé en position marche.

3. LIAISON DE DEUX ELEMENTS EN SERIE

Ajoutez encore une bride de ressort à la planche de circuit. Modifiez le circuit en raccordant une résistance de 56Ω entre l'interrupteur et l'ampoule. Quand vous appuyez sur l'interrupteur, l'ampoule s'éclaire, mais plus faiblement que dans l'expérience précédente.

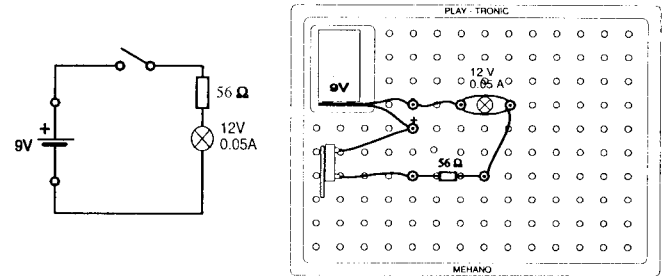


Fig. 3

4. EST-IL IMPORTANT COMMENT ON A RACCORDE LA RESISTANCE?

Dans le circuit que nous avons utilisé dans l'expérience précédente (fig 3), tournez la résistance en sorte d'inverser les brides. Si vous appuyez sur la touche, l'ampoule s'éclaire de la même intensité que dans l'expérience précédente. Nous constatons donc qu'il n'est pas important comment la résistance est tournée dans le circuit.

Si vous regardez le schéma, vous verrez que celui-là est identique au précédent. Dans le schéma de circuit, il n'y a pas d'indication comment il faut tourner la résistance. Cela veut dire que cela n'a pas d'importance pour le fonctionnement du circuit.

5. EST-IL IMPORTANT COMMENT ON A RELIE L'AMPOULE?

Nous pouvons faire une expérience similaire à la précédente. Inversez les prises de l'ampoule. Pour l'ampoule également il n'y a pas d'importance comment elle est reliée. Le schéma ne précise pas comment il faut relier l'ampoule, et les brides de ressort à relier à l'ampoule ne sont pas indiqués. Cela veut dire que ça n'a pas d'importance pour le fonctionnement du circuit.

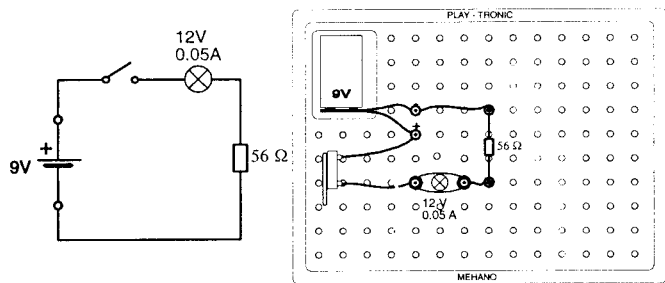


Fig. 5

6. L'ORDRE DES ELEMENTS RELIES EN SERIE EST-T-IL IMPORTANT?

Dans le circuit présenté à la figure 5, le circuit de courant est composé de batterie, interrupteur, résistance et ampoule. Inversez n'importe quels des deux éléments et vérifiez le circuit. Il travaille de la même manière que dans le cas précédent. Sans égard à la disposition des éléments, le courant électrique passe de la borne positive de la batterie à travers tous les éléments du circuit fermé. Si nous avons plusieurs éléments reliés en série dans un circuit, l'ordre de leurs liaisons n'a pas d'importance et n'affecte pas le travail du circuit.

7. LE COURANT PARCOURANT LA RESISTANCE

Laissons libre la borne positive de la batterie. L'ampoule ne s'éclaire pas parce que le circuit est coup. Si vous touchez du fil la bride de ressort no.1, l'ampoule s'éclaire. Touchez avec du fil la bride de ressort no. 2, l'ampoule s'éclaire mais avec une moindre intensité. L'ampoule s'éclaire avec plus d'intensité quand elle est parcourue par un courant plus fort. Nous pouvons en déduire que le courant qui parcourait l'ampoule était plus fort quand nous avons relié le fil à la bride no. 1. Dans le premier cas, le courant passait à travers une résistance de 33Ω , et ensuite il passait par l'ampoule et revenait dans la batterie. Dans le second cas, la différence reposait dans le seul fait que nous avons une résistance de 100Ω . Le courant dans le second cas était plus faible, pour la seule raison que la résistance fournie était plus forte.

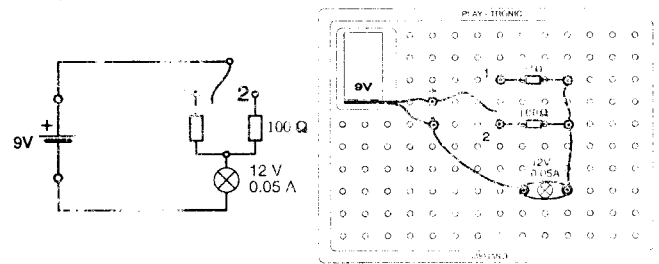


Fig. 7

8. CIRCUIT ELECTRIQUE AVEC RESISTANCE REGLABLE

Assemblez le circuit selon la figure 8. Branchez l'interrupteur et faites tourner l'axe du potentiomètre à gauche et à droite. Si la résistance du potentiomètre est basse, l'ampoule s'éclaire avec plus d'intensité. Rappelons-nous la loi d'Ohm: la tension restant inchangée, le courant est plus fort si la résistance est plus faible. Quelles sont les résistances dans le circuit? Ce sont tous les fils, l'ampoule et le

potentiomètre. L'interrupteur, quand il est branché, n'a pratiquement pas de résistance. Comparée à la résistance des autres résistances et l'ampoule, la résistance dans les fils est presque inexistante et nous pouvons la négliger.

Le courant parcourant l'ampoule est égal à celui passant à travers le potentiomètre. La loi d'Ohm est applicable dans tous les cas, de l'ampoule jusqu'au potentiomètre. Nous pouvons indiquer la résistance de circuit par R , celle de l'ampoule par R_a et celle de potentiomètre par R_p .

Si la tension de la batterie est U , nous avons l'équation suivante:

$$U = I \cdot R$$

étant rappelé que I est le courant dans le circuit et R la résistance de circuit entier.

La tension dans le potentiomètre est la suivante:

$$U_p = I \cdot R_p$$

et celle de l'ampoule:

$$U_a = I \cdot R_a$$

La tension de batterie se distribue entre l'ampoule et le potentiomètre. La tension de batterie est égale à la somme des tensions de potentiomètre et de l'ampoule.

$$U = U_p + U_a$$

Si nous avons plusieurs résistances dans le circuit, la tension dans la batterie serait égale à la somme des tensions de toutes les résistances raccordées dans le circuit. C'est la loi de tension ou la seconde loi de Kirshoff, du nom du physicien danois Gustav Robert Kirshoff.

On peut exprimer cette équation d'une autre manière:

$$I \cdot R = I \cdot R_p + I \cdot R_a$$

si nous divisons les parties gauche et droite par I , nous obtiendrons une autre forme correcte de l'équation, soit:

$$R = R_p + R_a$$

Donc, la résistance totale des éléments reliés en série dans un circuit, est égale à la somme de toutes les résistances du circuit.

Si la valeur de potentiomètre R_p change, la résistance de l'ensemble de circuit change aussi, de même que le courant électrique. Le résul-

tat en est que l'intensité de l'ampoule change de même.

Si nous revenons à l'analogie avec les bassins d'eau, alors la liaison de deux résistances (n'oublions pas que l'ampoule travaille comme une résistance), serait analogue à l'eau du bassin de dessus, qui passe d'abord à travers un tuyau et ensuite par l'autre vers le bassin de dessous.

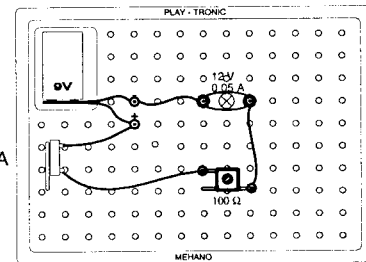
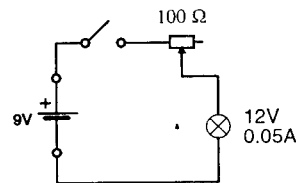


Fig. 8

Quelquefois il pourrait nous arriver de ne pas avoir de résistance avec la valeur de résistance demandée. Si nous avons deux résistances dont la somme des résistances est égale à celle demandée, nous pouvons les relier en série et les raccorder au circuit. La résistance équivalente peut être assemblée de n'importe quel nombre de résistances reliées en série. Il est rappelé que la résistance totale égale la somme de résistances de toutes les résistances reliées en série au circuit:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

R étant la résistance de toutes les résistances reliées en série dans l'ensemble. $R_1, R_2, R_3 \dots$ sont des résistances de chaque résistance individuelle reliée en série.

La résistance de toute la chaîne de résistances reliées en série est toujours plus grande que la résistance la plus haute d'une résistance individuelle.

9. REPARTITION DE LA TENSION SUR DEUX RESISTANCES RELIEES EN SERIE

Dans le circuit représenté à la fig. 9 deux résistances sont reliées en série. Une extrémité du fil reliée à la bride de ressort no. 3 est libre.

La résistance totale des résistances reliées en série est la suivante:

$$R = R_1 + R_2 \text{ ou}$$

$$R = 56 + 33 \text{ ou}$$

$$R = 89 \Omega$$

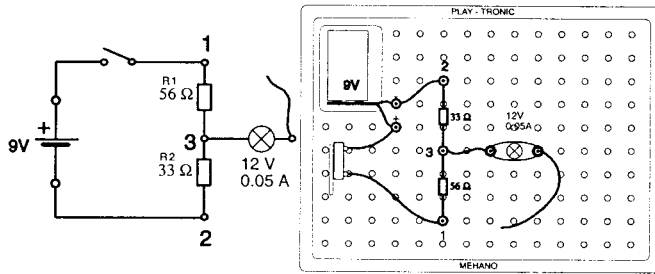


Fig. 9

La résistance totale des résistances reliées en série est plus grande que la résistance fournie par la plus grande résistance individuelle. Le courant passant de la batterie à travers les deux résistances reliées en série est, selon la loi d'Ohm, le suivant:

$$U = I \cdot R$$

Si nous divisons l'équation par R, nous obtenons :

$$I = U / R$$

d'où il s'ensuit que:

$$I = 9V / 89 \Omega$$

ou approximativement:

$$I = 0,1 \text{ A.}$$

Pour calculer la tension sur chaque résistance, nous utilisons encore une fois la loi d'Ohm:

Si nous désignons la tension sur les résistances R1 et R2 par U1 et U2, il s'ensuit que :

$$U_1 = I \cdot R_1$$

ou

$$U_1 = 0,1 \text{ A} \cdot 56 \Omega$$

$$U_1 = 5,6 \text{ V}$$

de même:

$$U_2 = I \cdot R_2$$

$$U_2 = 0,1 \cdot 33$$

$$U_2 = 3,3 \text{ V}$$

La tension de la batterie égale la somme de tensions dans les deux résistances.

$$U = U_1 + U_2$$

$$U = 5,6 + 3,3$$

$$U = 9 \text{ V.}$$

On peut négliger ici une erreur de calcul éventuel. Ces erreurs peuvent découler du fait que nous avons pris en compte une valeur approximative du courant électrique parcourant les résistances.

Si nous avons donc deux résistances reliées en série, la tension sera plus forte dans la résistance plus grande. Vérifions!

Une extrémité du fil restée libre reliez d'abord à la bride no.1, et ensuite à la bride no.2. Répétez plusieurs fois! Dans le premier cas, l'ampoule s'éclaire avec plus d'intensité et dans le second avec moins. C'est logique, parce que sur la première résistance la part de la tension totale de la batterie est plus grande que sur la deuxième résistance.

10. CIRCUIT AVEC DIODE LUMINEUSE

Dans le circuit nous avons un potentiomètre dont la résistance est de 10 kilohms, lié en série à la résistance de 1 kilohm. Faites attention comment vous avez tournée la diode lumineuse. Utilisez la diode lumineuse rouge dans cette expérience!

Faites tourner l'axe du potentiomètre à droite et à gauche. L'intensité de la lumière émise par la diode lumineuse varie.

Tournez le potentiomètre jusqu'au moment où la lumière de la diode ne devienne plus faible. Nous avons ainsi une résistance de 1 k Ω et le potentiomètre de 10 k Ω ; la résistance totale est donc de 11 k Ω .

Maintenant faites tourner le potentiomètre jusqu'au moment où l'intensité de la lumière émise par la diode lumineuse ne devienne plus forte. Le curseur du potentiomètre se trouve en position la plus proche de la borne de potentiomètre. C'est le point où la résistance du potentiomètre sera la plus faible ou négligeable. Dans ce cas la résistance totale de la résistance et du potentiomètre est de 1 k Ω .

Cela est conforme à la loi d'Ohm. Quand la résistance de potentiomètre monte, la résistance totale de tous les éléments reliés en série (potentiomètre, diode, la résistance de l'interrupteur étant négligeable), monte aussi. C'est pourquoi le courant venant de la batterie sera moins fort et l'intensité de la diode plus faible.

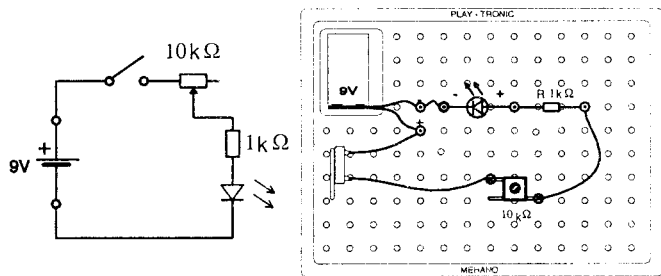


Fig. 10

Le circuit pourrait fonctionner sans la résistance de 1 k Ω , mais nous devons faire très attention à ne jamais placer le potentiomètre en position 0, parce qu'en cette position le courant parcourant la diode serait trop fort et pourrait l'endommager. Pour éviter cela, nous avons inséré une résistance dans le circuit, en la reliant en série au potentiomètre, ce qui empêche que la résistance totale, y comprise celle du potentiomètre, soit zéro, et la diode en est protégée du courant excessif.

Dans quel circuit il y aurait plus de courant provenant de la batterie; dans celui-ci ou dans l'autre avec l'ampoule?

Dans le circuit avec l'ampoule, parce que, conformément à la loi d'Ohm, le courant est plus fort, si la résistance est plus faible et que la tension reste la même, étant donné que:

$$I = U / R$$

Si nous laissons l'ampoule et la diode connectée pour un temps plus long, laquelle des deux restera allumée plus longtemps: l'ampoule ou la diode? La diode lumineuse, bien entendu. Comme l'ampoule a besoin d'un courant plus fort, la batterie se décharge plus vite. Nous vous conseillons de ne pas le vérifier, sinon vous serez obligé de vous procurer une nouvelle batterie pour pouvoir continuer les expériences.

11. EST-IL IMPORTANT COMMENT LA DIODE LUMINEUSE EST RELIÉE?

Inversez les brides de la diode lumineuse. Quand vous appuyez sur la touche, la diode ne s'éclaire pas. Pourquoi? Rappelez-vous la description de la diode? Le courant électrique passe par la diode seulement dans un sens. Si dans le circuit la diode lumineuse est tournée dans le sens contraire, le courant électrique ne peut pas la parcourir et elle ne s'éclaire pas.

En général, vous ne devez pas oublier qu'il est important comment la diode semiconductrice est tournée. Si la diode n'est pas reliée cor-

rectement, le circuit ne fonctionne pas, et une déffailance de notre part risque de brûler la diode. Avant de relier la diode semiconductrice au circuit électrique, vérifiez obligatoirement si la diode est tournée dans le bon sens.

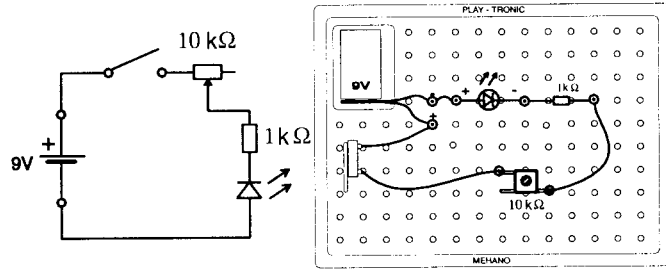


Fig. 11

12. CIRCUIT AVEC DEUX DIODES LUMINESCENTES PLACEES DANS LE SENS OPPOSE

Ajoutons au circuit décrit ci-dessus une autre diode lumineuse (verte). Relions-la au circuit en parallèle à la diode déjà reliée, mais tournons-la dans l'autre sens. Appuyons sur l' interrupteur. La diode rouge s'éclaire comme avant. La diode verte ne s'éclaire pas parce qu'elle est tournée de manière à empêcher le courant de la parcourir. Maintenant inversons les fils reliant la batterie au circuit. Apuyons sur la touche et la diode verte s'éclaire.

Comme les bornes de la batterie sont inversées, le courant électrique passe maintenant dans le sens opposé. Le courant passe à travers la diode verte, parce que la diode rouge est tournée de manière à empêcher le courant de la parcourir.

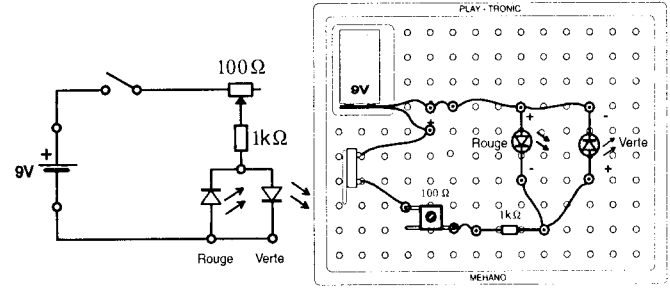


Fig. 12

13. CIRCUIT AVEC L'AMPOULE ET LA DIODE LUMINESCENTE (1)

Le circuit est construit de manière à permettre au courant de passer à travers les deux branches parallèles. Dans une branche, nous avons l'ampoule et une diode normale reliée en série, et dans l'autre la résistance et la diode luminecente. Quand nous appuyons sur la touche, l'ampoule et la diode s'éclairent.

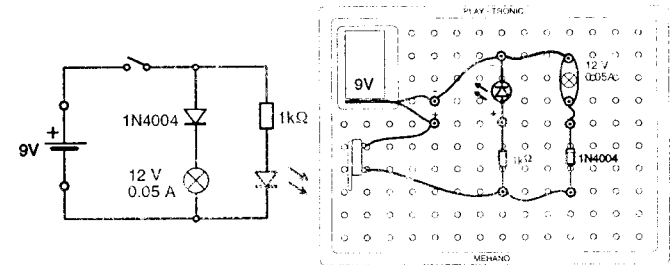


Fig. 13

14. CIRCUIT AVEC L'AMPOULE ET LA DIODE LUMINESCENTE (2)

Tournez la diode normale et inversez ses extrémités. Maintenant, seule la diode lumineuse s'éclaire.

C'est logique, parce que dans la branche avec l'ampoule, il n'y a pas de courant électrique. La diode est placée en position qui empêche le courant de passer.

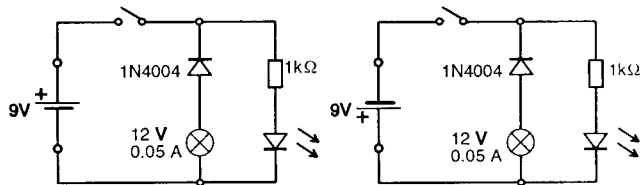


Fig. 14

Fig. 15

15. CIRCUIT AVEC L'AMPOULE ET LA DIODE LUMINESCENTE (3)

La diode normale et celle lumineuse sont tournées en positions opposées. Inversez les fils de raccordement de la batterie. L'ampoule s'éclaire et la diode lumineuse non. La diode lumineuse est actuellement tournée de manière à empêcher le courant d'y passer, et de ce fait elle ne s'allume pas. C'est en fonction de la façon dont on a relié la batterie, que s'éclaire ou la diode ou l'ampoule.

16. CIRCUIT RELIE EN PARALLELE

Dans le circuit il y'a actuellement deux branches: une avec la diode rouge et l'autre avec la diode verte. Attention à la polarité des diodes lumineuses. Si le circuit est assemblé correctement, les deux diodes lumineuses s'éclairent approximativement avec la même intensité. Le courant passe du pôle positif de la batterie pour se diviser en deux parties: une partie passe par la diode verte, l'autre par la diode rouge.

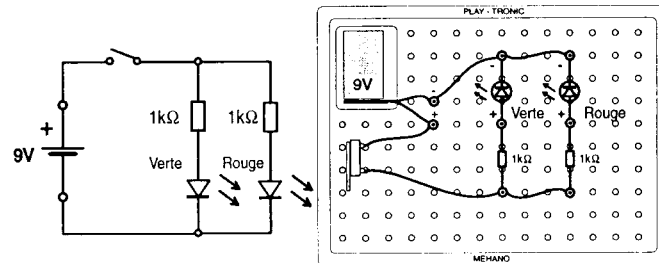


Fig. 16

17. CHANGEMENT DE DIRECTION DU COURANT DANS LA BRANCHE DU CIRCUIT RELIE EN PARALLELE

Insérez dans le circuit une bride de ressort supplémentaire. Coupez une branche du circuit insérant le potentiomètre de 10 kΩ entre la résistance de 1 kΩ et la diode lumineuse rouge. Raccordez le circuit à la batterie. Quand vous tournez la résistance, la luminosité de la diode rouge varie tandis que celle de la diode verte ne change pas. Le courant électrique passe de la borne positive de la batterie à travers le conducteur et arrive au point où il se divise en deux. Une partie traverse la résistance et la diode verte, l'autre passe à travers la résistance, le potentiomètre et la diode lumineuse rouge. La résistance de la branche contenant le potentiomètre est bien entendu plus haute. Elle est donc traversée par un courant moins fort et la diode lumineuse s'éclaire d'une intensité plus faible.

Désignons le courant de la batterie par I , le courant passant par la diode verte et la résistance par I_v et la résistance totale de la branche par R_v . Si nous désignons le courant passant par la résistance, le potentiomètre et la diode lumineuse rouge par I_r , la résistance totale de cette branche par R_r , il s'ensuit que:

$$I = I_v + I_r$$

Autrement dit, le courant, passant depuis un conducteur vers plusieurs branches reliées en parallèle, est égal à la somme de tous

les courants dans les branches individuelles. C'est la loi sur les courants ou la première loi de Kirschhoff.

Pour l'ensemble de circuits, il est donc valable que:

$$I = U / R$$

R étant la résistance de l'ensemble de circuit.

Le courant traversant par la diode verte est le suivant:

$$I_v = U / R_v$$

R_v étant la résistance de la branche complète avec la diode verte.

Le courant parcourant la diode rouge est le suivant:

$$I_r = U / R_r$$

R_r étant la résistance de l'ensemble de circuit avec la diode rouge.

Conformément à la première loi de Kirschhoff:

$$I = I_v + I_r$$

ou

$$U/R = U/R_v + U/R_r$$

La tension de la batterie est égale à celle des deux branches. Si nous divisons l'équation par U, elle reste valable mais prend une forme nouvelle :

$$1/R = 1/R_v + 1/R_r$$

Cela veut dire que la valeur réciproque de la résistance totale dans le circuit est égale à la somme de valeurs réciproques de résistance des branches individuelles reliées en parallèle.

Si nous utilisons le dénominateur commun pour la partie droite de l'équation, et nous inversons l'équation, nous obtenons la même chose exprimée autrement:

$$R = R_v \cdot R_r / (R_v + R_r)$$

Si nous voulions illustrer la première loi de Kirschhoff au moyen des courants d'eau, nous pourrions le faire en imaginant que le tuyau venant du bassin d'eau supérieur se divise en deux tuyaux. L'eau passe à travers ces deux tuyaux dans le bassin inférieur. Le courant d'eau, passant par un tuyau, se divise en deux courants traversant les deux tuyaux reliées en parallèle. Comme l'eau ne peut pas disparaître, nous pouvons en déduire que la quantité d'eau (le courant), passant par le tuyau supérieur est égale à la somme de courants se

déplaçant par les deux tuyaux reliés en parallèle.

Il peut nous arriver de ne pas avoir de résistances avec la valeur demandée, tout en possédant des résistances plus fortes. Si nous avons deux résistances, dont la somme de valeurs réciproques correspond à celle demandée, nous pouvons les raccorder en parallèle et les relier au circuit. La résistance analogue peut être constituée d'un nombre quelconque de résistances liées en parallèle. Bien sûr, la valeur réciproque de la résistance totale est égale à la somme de valeurs réciproques des résistances dans la chaîne:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \dots$$

R étant la résistance analogue de toutes les résistances liées en parallèle dans l'ensemble. R₁, R₂, R₃,... sont des valeurs individuelles des résistances.

La résistance de l'ensemble de résistances liées en parallèle est toujours inférieure à la plus faible résistance individuelle.

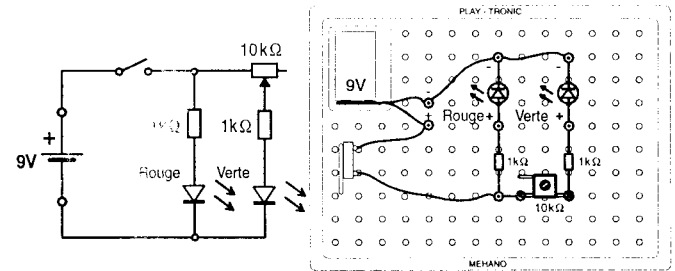


Fig. 17

18. ENCORE UN EXEMPLE DE CIRCUIT LIÉ EN PARALLELE

L'équation pour calculer le total de résistance des deux résistances liées en parallèle montre que la somme totale est inférieure à la plus faible résistance individuelle.

Nous pouvons le démontrer par l'expérience suivante (fig 18.):

un bout de résistance de 33Ω reste libre. Les résistances de 56Ω et 100Ω sont connectées en parallèle. Calculons le total de leurs résistances:

$$\begin{aligned} 1/R &= 1/56 + 1/100 \\ 1/R &= 0,0178 + 0,01 \\ 1/R &= 0,0278 \end{aligned}$$

Si nous multiplions l'équation par R, nous obtenons :

$$1 = 0,0278 \cdot R$$

Ensuite nous divisons l'équation par 0,0278 et nous obtenons

$$1 / 0,0278 = R$$

ou approximativement:

$$R = 36 \Omega$$

Observons la lumière de l'ampoule. Enlevons le fil de la bride de ressort no.1, et relierons-le à la bride de ressort no.2. Le courant passe maintenant par la résistance de 33Ω et l'ampoule. Comme la résistance de 33Ω est presque égale aux résistances de 56Ω et de 100Ω liées en parallèle, l'ampoule s'éclaire de même intensité dans les deux cas.

Ce que nous avons appris ici, pourra nous être utile par la suite. Si une des résistances nous fait défaut, nous pourrions remplacer la résistance demandée par une liaison des deux résistances (ou plus), reliées en parallèle ou en série.

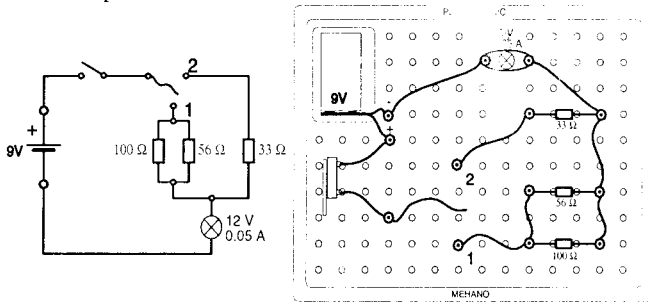


Fig. 18

19. CHANGEMENT SIMULTANE D'ILLUMINATION DES DEUX DIODES LUMINEUSES

Assemblez le circuit selon la fig. 19.

Qu'est-ce qui se produit quand vous faites tourner le potentiomètre? Dans la partie du potentiomètre où le curseur est plus proche de la prise, la résistance est plus faible, par conséquent, la tension est moins haute. La diode reliée en parallèle à cette partie du circuit s'allume avec moins d'intensité.

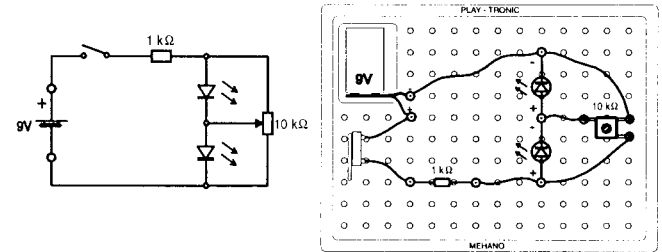


Fig. 19

20. CIRCUIT AVEC L'AMPOULE ET LA DIODE LUMINEUSE LIEES EN SERIE

Nous avons déjà fait la connaissance de la diode lumineuse. Son nom nous dit déjà que sa caractéristique principale est d'émettre la lumière si elle est parcourue par un courant électrique se déplaçant dans le sens correct. Nous l'utilisons juste pour cela: elle s'éclaire si le courant passant par la diode se déplace dans le sens correct.

Le courant nécessaire pour allumer la diode est très faible, quelques milliampères. Ce courant est beaucoup plus faible que celui nécessaire pour faire allumer une ampoule. Pour cette raison, l'ampoule s'éclaire avec plus d'intensité. Si par la diode lumineuse on faisait passer un courant aussi fort que celui parcourant l'ampoule, la diode serait brûlée. C'est pourquoi vous verrez dans toutes nos expériences, que dans tous les circuits, il y'a toujours une résistance liée en série à la diode, pour limiter le courant passant dans celle-ci.

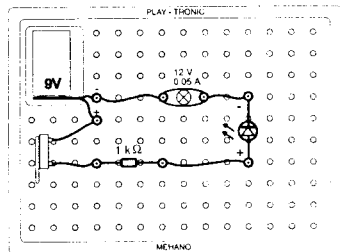
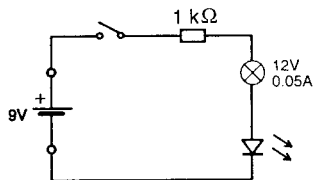


Fig. 20

Le circuit dans la figure 20 montre que le courant, nécessaire pour allumer la diode lumineuse, est trop faible pour faire éclairer l'ampoule. Les diodes lumineuses ne doivent jamais être mises seules à la batterie (sans une résistance de 1 kΩ, liée en série). Si vous le faites, la diode brûlera immédiatement.

21. CONDENSATEUR COMME SOURCE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Assemblez le circuit, comme c'est montré à la figure 21. La borne positive de la batterie doit rester libre. Appuyez sur la touche! Est-ce que la diode lumineuse s'éclaire? Bien sûr que non, puisque il n'y a pas d'énergie électrique. Relâchez la touche. Maintenant, du fil venant de la borne positive de la batterie touchez le pôle positif du

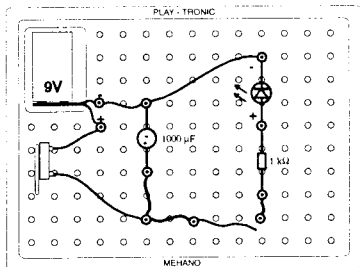
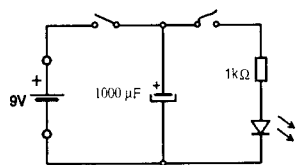


Fig. 21

condensateur électrolytique.

Le condensateur électrolytique n'avait pas de charge électrique, autrement dit, il était vide. Quand vous l'avez raccordé à la batterie, le courant a sauté de la batterie sur le condensateur. Il est maintenant chargé et vous pouvez l'utiliser comme source d'énergie électrique. Libérez la borne positive de la batterie encore une fois. Appuyez sur la touche. Bien que la batterie ne soit pas raccordée, la diode lumineuse s'éclaire! Comme l'énergie accumulée dans le condensateur est très faible, la diode s'éclaire pour un temps très court. Si vous observez la diode, vous apercevrez que l'intensité de sa luminosité va diminuant pour s'éteindre complètement. Le courant électrique passe du condensateur vers la diode lumineuse. On dit que le condensateur électrolytique commence à se décharger.

22. QUELLE EST LA VITESSE DE DECHARGEMENT DU CONDENSATEUR?

Remplacez dans le circuit la diode lumineuse et la résistance liée en série par une ampoule. L'ampoule s'éclairne pour un court moment. Nous allons découvrir que l'ampoule a besoin d'un courant plus fort que la diode lumineuse. Cela veut dire que la résistance de l'ampoule est plus faible. Si un courant plus fort passe par le condensateur, il se recharge plus vite. Pour cette raison, l'ampoule s'éclaire pour un laps plus court que la diode.

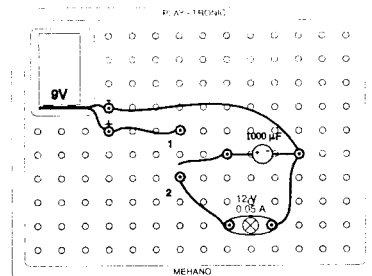
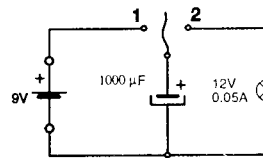


Fig. 22

23. CONDENSATEUR PEUT SE CHARGER ET DECHARGER PLUSIEURS FOIS

Modifions un peu le circuit. Laissons libre le bout du fil relié à la prise d'ampoule.

De ce bout de fil, touchons d'abord la bride de ressort no. 1 et ensuite du no. 2. Observons ce qui va se produire.

Lorsque nous touchons la bride de ressort no.1, le condensateur se charge. Le courant qui passe depuis la batterie vers le condensateur sera plus fort et l'ampoule s'éclaire. Quand le condensateur est chargé le courant ne passe pas et l'ampoule ne s'éclaire plus.

Quand nous touchons la bride de ressort no.2, le courant électrique saute du pôle positif du condensateur à travers l'ampoule jusqu'au pôle négatif. D'abord, quand le condensateur est chargé, le courant est fort. Au fur et à mesure que le condensateur se décharge, le courant devient de plus en plus faible, et l'ampoule s'éclaire de plus en plus faiblement pour s'éteindre finalement.

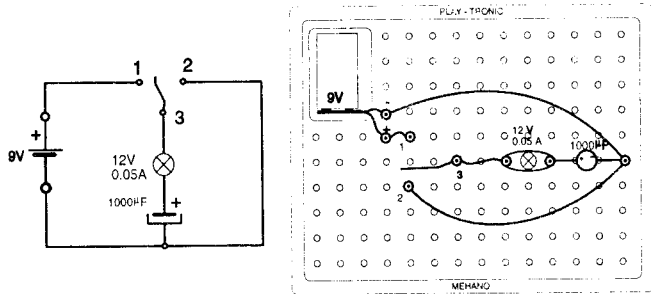


Fig. 23

24. UN COURANT ALTERNATIF PEUT PARCOURIR LE CONDENSATEUR

Quand nous chargeons le condensateur, le courant passe par le condensateur et lorsque nous le déchargeons, le courant s'écoule. Cela veut dire que le courant se déplace dans les deux sens, hors de

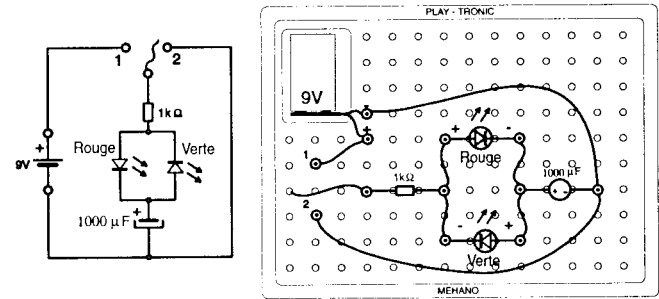


Fig. 24

chargement et du déchargement du condensateur. Nous pouvons le prouver en assemblant un circuit avec deux diodes lumineuses tournées dans les sens opposés et liées en parallèle.

Laissons libre le bout du fil relié à la bride no.3. De cette extrémité libre touchons encore une fois la bride no.1 et ensuite la bride no.2. Répétons plusieurs fois et observons ce qui se produit.

Comme vous le savez, le courant passe par la diode uniquement dans un sens. Quand le condensateur est chargé, le courant passe par la diode rouge, et par la diode verte lorsqu'il se décharge. Pour cette raison, la diode rouge s'éclaire lors du chargement et la verte pendant le déchargement du condensateur.

Nous avons déjà constaté que le courant ne passe plus quand le condensateur est chargé. Le condensateur empêche donc le courant continu de passer.

Quand nous chargeons et déchargeons le condensateur, le courant passe alternativement, une fois vers le condensateur et ensuite depuis celui-ci. Si dans un élément, le courant passe une fois dans un sens et après dans l'autre, on dit qu'un courant alternatif parcourt cet élément. Cette expérience montre que le courant alternatif peut passer par un condensateur.

A la place du condensateur de 1000 μF , raccordons au circuit un condensateur de 100 μF . La diode s'éclaire pour un temps beaucoup plus court. Dans le condensateur ayant une capacité moins forte, la quantité d'électricité qui le parcourt est moins grande, et la diode s'éclaire pour un temps plus court.

25. LAISON DES DEUX CONDENSATEURS EN PARALLELE

Dans ce circuit, nous avons deux condensateurs liés en parallèle, de capacité de 100 μF chacun. Comment les deux condensateurs travaillent-ils quand ils sont liés en parallèle?

Rappelons-nous le ratio entre la charge électrique dans le condensateur et la tension aux extrémités de celui-ci.

$$C = Q / U$$

Dans le condensateur chargé, dont la capacité est C et la tension U à ses extrémités, la charge est:

$$Q = C \cdot U$$

Si deux condensateurs sont liés en parallèle, la charge envoyée vers ceux-là par le même fil, se distribue entre les deux condensateurs de la manière suivante:

$$Q = Q1 + Q2$$

$Q1$ et $Q2$ étant les charges dans le premier et le deuxième condensateur respectivement. Si les capacités des condensateurs sont $C1$ et $C2$, la capacité totale C , l'équation de dessus peut être exprimée comme suit:

$$C \cdot U = C1 \cdot U1 + C2 \cdot U2$$

La tensions sur les prises des deux condensateurs est identique, soit:

$$U = U1 = U2$$

$$C \cdot U = C1 \cdot U + C2 \cdot U$$

Si nous divisons les deux parties de l'équation par U , nous obtenons la formule de la capacité totale des deux condensateurs reliés au circuit.

$$C = C1 + C2$$

Dans notre cas, la capacité totale des condensateurs est de 200 μF .

Cela nous sera indiqué par les diodes qui s'éclairont pour un temps plus long qu'en cas ou un seul condensateur dont la capacité est de 100 μF était relié au circuit.

C'est exactement de la même manière que nous pouvons remplacer la résistance demandée par deux ou plusieurs résistances reliées en parallèle, que nous pouvons remplacer la capacité demandée par la capacité des deux ou plusieurs condensateurs liés en parallèle.

$$C = C1 + C2 + C3...$$

La capacité C est la capacité équivalente de tous les condensateurs liés en parallèle. $C1, C2, C3...$ est la résistance de chaque condensateur individuel lié en parallèle.

La capacité de plusieurs condensateurs liés en parallèle est toujours plus grande que la capacité du condensateur ayant la plus faible capacité.

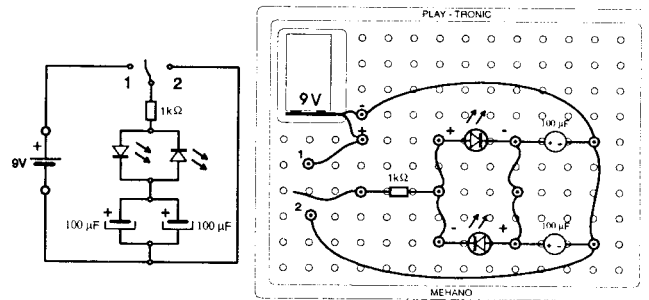


Fig. 25

26. LAISON DES CONDENSATEURS EN SERIE

Assemblons le circuit liant en série deux condensateurs. Si vous touchez du fil la bride no.1, et ensuite la bride no.2, vous verrez que la diode lumineuse s'éclaire pour un temps plus bref que dans l'expérience précédente. Cela indique que la capacité équivalente des condensateurs liés en série est plus faible que celle des condensateurs liés en parallèle.

Quand le courant électrique passés dans les condensateurs, ils commencent à se charger. La tension sur les prises des condensateurs se divise entre les deux condensateurs:

$$U = U_1 + U_2$$

Si la capacité analogue des deux condensateurs liés en série est :

$$C = Q / U$$

et la tension sur les prises des condensateurs est :

$$U = Q / C$$

il s'ensuit que:

$$Q/C = Q_1/C_1 + Q_2/C_2$$

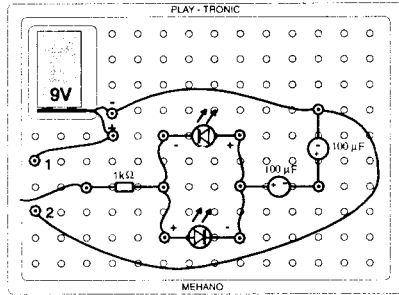
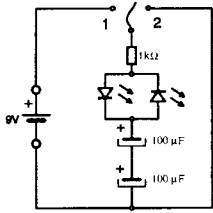


Fig. 26

Q_1 et Q_2 étant les charges électriques dans le premier et le deuxième condensateur, et C_1 et C_2 les capacités du premier et du deuxième condensateur.

La charge électrique passant dans le premier condensateur est égale à celle provenant du deuxième. C'est logique, puisque il n'y a pas de fil reliant les deux condensateurs, ce qui permettrait au courant d'entrer et sortir. Il s'ensuit donc que:

$$Q = Q_1 = Q_2$$

Si nous divisons cette équation par Q , nous obtenons:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2$$

ce qui veut dire que la valeur réciproque de la capacité équivalente des condensateurs reliés en série est égale à la somme de leurs valeurs réciproques.

De la même manière que pour le circuit avec les résistances reliées en parallèle, il existe aussi une autre manière d'exprimer l'équation ci-dessus. Nous trouvons le dénominateur commun pour la partie droite de l'équation et nous inversons cette dernière. Nous obtenons:

$$C = C_1 \cdot C_2 / (C_1 + C_2)$$

Dans notre expérience, nous avons utilisé deux condensateurs de 100 μF reliés en série. Leur capacité totale était de 50 μF .

De même que nous avons remplacé la résistance demandée par deux ou plusieurs résistances liées en parallèle nous pouvons substituer à la capacité exigée deux ou plusieurs capacités de deux ou plusieurs condensateurs liés en série.

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \dots$$

C étant la capacité équivalente de tous les condensateurs liés en série, et C_1, C_2, C_3 la capacité, de chacun des condensateur lié en série.

La capacité totale de tous les condensateurs liés en série est toujours plus faible que celle du condensateur avec la plus petite capacité.

27. ELECTROAIMANT

Quand nous laissons du courant électrique parcourir les spires de bobinage, celui-ci commence à travailler comme un aimant. Nous pouvons le prouver par une simple expérience.

Assemblons un circuit simple auquel nous raccordons en série, la batterie, l'interrupteur et le bobinage. Quand vous appuyez sur l'interrupteur, le courant électrique passe dans le bobinage. A l'apparence, rien ne s'est produit. Relâchez l'interrupteur.

Insérez un clou dans le trou du bobinage de manière qu'un bout de clou dépasse légèrement au dehors. Appuyez sur la touche!

Le clou sera brusquement tiré à l'intérieur du bobinage et restera dedans.

Faisons encore une expérience! Attachez l'aimant à un fil à coudre et tenez-le suspendu au dessus du bobinage. Appuyez sur la touche! L'

aimant commence à tourner le long de l'axe longitudinal du bobinage qui est parcouru par du courant. Rappelons-nous en quelle position se trouvait l'aimant il y'a quelques instants. Maintenant inverser les fils de connection du bobinage. Appuyez sur la touche! Le bobinage travaille comme un aimant, à seule exception que l'aimant suspendu au fil tourne dans le sens opposé. Si nous changeons le sens du courant électrique, passant dans le bobinage, celui-ci travaille comme l'aimant tourné dans l'autre sens.

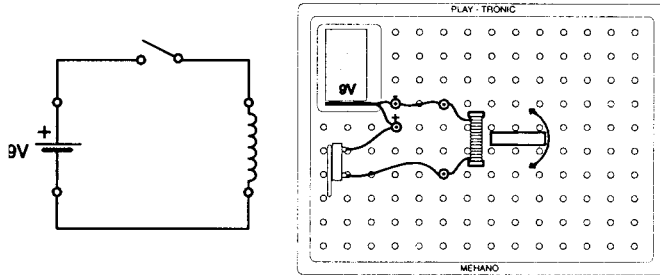


Fig. 27

Le clou et l'aimant fourniraient le même travail, si on les rapprochait l'un de l'autre. Notre expérience prouve que le bobinage parcouru par un courant électrique travaille comme aimant. L'aimant construit à partir d'un bobinage qui est parcouru par le courant électrique s'appelle électroaimant.

28. COMMUTATEUR HERMETIQUE (INTERRUPTEUR REED)

Posez sur un papier deux brides de ressort un peu à l'écart l'un de l'autre. Soulevez le papier et posez l'aimant perpendiculairement sur le papier. Les brides de ressort se magnétisent et chacune travaille comme un petit aimant. Les aimants s'attirent ou se repoussent entre eux. Les brides se placeront de façon à s'attirer.

Imaginez que nous avons relié un fil électrique à chacune des brides.

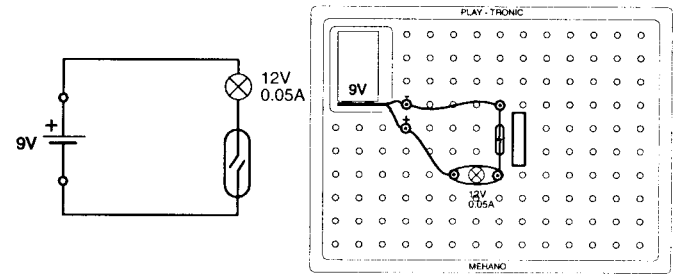


Fig. 28

et que celles-ci formaient un circuit fermé. Dans notre expérience, le circuit est fermé si en dessous du papier sur lequel sont placées les brides à une petite distance entre elles, nous rapprochons un aimant de celles-ci.

Un commutateur hermétique est conçu de la même manière. Les spécialistes l'appellent l'interrupteur reed du nom de son inventeur Reed. Dans un tube de verre, deux lames métalliques sont fixées à une petite distance entre elles. Quand nous aimantons les lames, elles s'attirent et provoquent un contact électrique. Quand les lames ne sont pas magnétisées, elles se repoussent du fait de leur élasticité.

Comment peut-on aimanter les lames? Si nous le faisons avec un aimant, nous obtenons l'interrupteur que l'on peut placer en position marche/arrêt en approchant ou en éloignant l'aimant. C'est représenté à la fig. 28. Lorsque nous approchons l'aimant de l'interrupteur reed, les lames se magnétisent et un courant électrique commence à passer par l'ampoule. L'ampoule s'éclaire.

29. RELAIS

Nous approchons un bout de fer de l'électroaimant et quand celui-ci est attiré par l'électroaimant, il met en marche l'interrupteur. On appelle cet interrupteur électromagnétique un relais.

Pour magnétiser les prises de commutateur hermétique, nous pouvons utiliser l'électroaimant. C'est aussi un relais.

Vous pouvez construire un relais à partir du bobinage et le commutateur hermétique. Les techniciens appellent ce relais selon le nom de l'interrupteur reed - un relais reed.

Insérez l'interrupteur hermétique dans le bobinage. Ce contacteur hermétique peut servir d'interrupteur, qui fait allumer l'ampoule. Le circuit électrique peut être établi au moyen de la touche.

Quand la touche est appuyée, sous l'effet de l'électroaimant, les deux lames métalliques de contacteur reed, s'attirent et se mettent en contact, ce qui permet au circuit de se fermer et le courant commence à parcourir l'ampoule. L'ampoule s'allume.

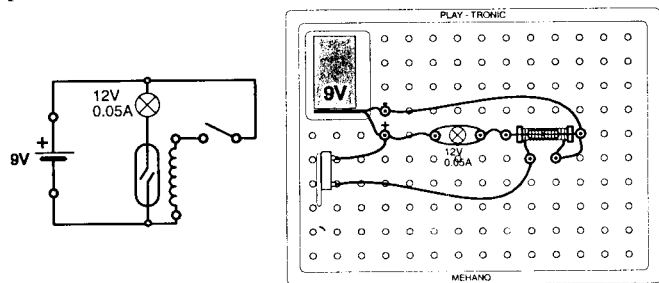


Fig. 29

30. HAUT-PARLEUR

Comment le son se propage-t-il dans l'air? Les ondes sonores sont obtenues par la propagation des vibrations de l'air dont la densité est alternativement plus forte ou plus faible, projetées longitudinalement dans le sens de déplacement de son. Comment pouvons-nous provoquer les ondes sonores? Pour ce faire, il nous faudrait un objet qu'on fera vibrer en avant et en arrière, et qui, ainsi engendrera les vibrations de l'air de différente densité. Si vous frappez sur un vitre vous le faites vibrer. Les vibrations du vitre produisent des aires de pression de l'air différents, qui se propagent dans l'espace. Comme cela se produit des deux côtés du vitre, on entend le son des deux côtés.

Dans l'électrotechnique, pour produire des ondes sonores nous util-

isons les hauts-parleurs. Qu'est-ce qu'un haut-parleur? Rappelez-vous les expériences avec le bobinage et l'aimant. Nous en avons déduit que le bobinage, parcouru par le courant électrique travaille comme un aimant.

Dans le haut-parleur, il y'a un aimant sur son enceinte. Le bobinage, fixé sur une membrane en papier, est posé dans la rainure de l'aimant. Quand le bobinage est parcouru par le courant électrique, il est retiré dans la rainure de l'aimant d'où il est ensuite repoussé. Cela fait vibrer la membrane du haut-parleur et elle commence à se mouvoir en avant et en arrière. Si cela se produit successivement et suffisamment vite, nous entendons un son.

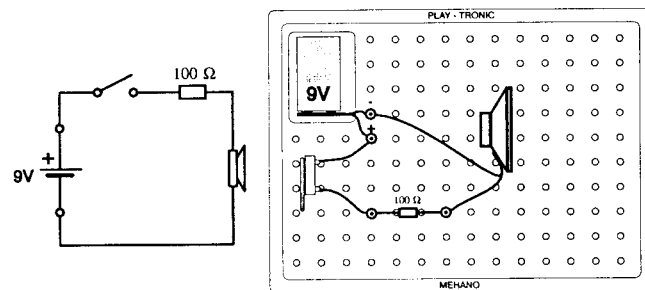


Fig. 30

Dans ce circuit une résistance de 100Ω est reliée en parallèle à haut-parleur. Sans cette résistance, le bobinage fragile dans le haut-parleur risquerait de brûler. Appuyez sur la touche. Vous entendrez un léger crépitement. Répétez cela plusieurs fois et observez la membrane. Vous appercevrez que la membrane commence à vibrer en avant et en arrière. Supposez que, quand vous appuyiez sur la touche, la membrane se remue vers l'intérieur du haut-parleur. Inversez les prises de haut-parleur et la membrane commence à vibrer vers l'extérieur au moment où on a appuyé sur la touche. Observez d'un oeil attentif, puisque les mouvements sont très délicats, juste quelques millimètres. Pourquoi la

membrane saute-t-elle une fois vers l'intérieur et ensuite vers l'extérieur?

Nous avons constaté que le bobinage, parcouru par le courant travaille comme un aimant. Nous savons que l'aimant possède deux pôles distincts. Nous savons aussi que les deux mêmes pôles se repoussent et les pôles différents s'attirent. Si nous changeons le sens de courant dans le bobinage, la polarité de l'aimant change aussi. Pour cette raison, une fois la membrane saute vers l'intérieur du haut-parleur (au moment où le bobinage et l'aimant s'attirent), et ensuite vers l'extérieur (quand le bobinage et l'aimant se repoussent).

Si nous voulons entendre la voix du haut-parleur, il faut donc que le bobinage de haut-parleur soit parcouru par du courant alternatif. Dans ce cas, la membrane vibrera en avant et en arrière et nous entendrons un son.

31. TRANSISTOR

Avez-vous lu la description d'un transistor? Si oui, vous comprendrez sans problème les expériences décrites ci-après.

Dans le circuit, l'ampoule et le transistor sont liés en parallèle. Attention au raccordement des prises de contact du transistor! Quand vous branchez le transistor au circuit, n'inversez pas les prises de contact! Si vous le faites, le circuit ne fonctionnera pas et dans le pire des cas, le transistor sera détruit.

Notre boîte d'expériences contient un transistor BC548. Si vous le

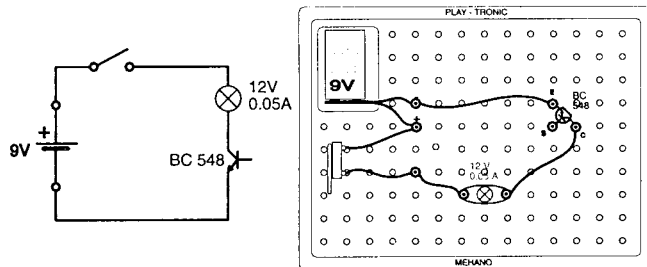


Fig. 31

prenez en sorte que les fils d'alimentation soient tournés vers le bas, et la planche du boîtier plastique sur laquelle il est indiqué le type de transistor vers vous, alors le collecteur sera la prise qui se trouve à votre gauche, la base sera au milieu et l'émetteur à droite.

Cette disposition des prises n'est pas obligatoire pour tous les transistors. La disposition des prises décrite dans notre expérience est fréquente mais elle n'est pas obligatoire. Cela dépend des fabricants et du type de transistors. Si vous avez un transistor dont vous ignorez la disposition des prises de raccordement reportez-vous au manuel. Si vous ne pouvez pas trouver sa description, essayez vous-même de déterminer la disposition des prises de raccordement. Le procédé que vous devez suivre est décrit dans ce manuel.

Revenons à notre circuit. Est-ce que l'ampoule s'éclaire? Bien sûr que non. La prise de base du transistor n'est pas raccordée et la base ne reçoit donc pas de courant. Nous pouvons dire que la résistance dans un transistor fermé, entre l'émetteur et le collecteur, est très importante.

32. QU'EST-CE QUI SE PRODUIT SI NOUS METTONS LE TRANSISTOR A L'ENVERS?

Modifions le circuit en raccordant le transistor de manière à inverser les places de l'émetteur et du collecteur.

Si vous regardez attentivement, vous verrez que le filament de l'ampoule rougit légèrement. Comme dans le transistor l'émetteur n'est pas raccordé au pôle négatif, et le collecteur au pôle positif, il ne travaille pas comme il faudrait.

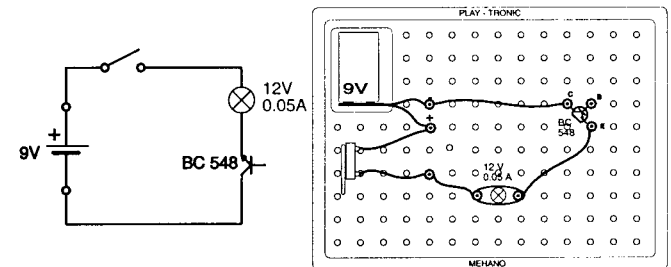


Fig. 32

33. TRANSISTOR COMME COMMUTATEUR

Raccordez un fil en endroit marqué sur la résistance et laissez libre l'autre bout de ce fil. L'ampoule ne s'allume pas. Pourquoi?

Il n'y a pas de courant dans la base de transistor et il est fermé. Que faut-il faire pour que le courant passe dans le transistor? Reliez le bout de fil à la prise qui est raccordée à la borne positive de la batterie. Le courant commence à passer à travers la résistance dans la base, et le transistor s'ouvre, l'ampoule s'éclaire. Dans ce circuit, le transistor est utilisé comme commutateur. Le commutateur travaille

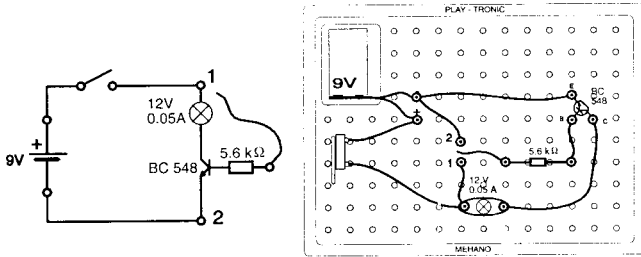


Fig. 33

au moyen du courant passant vers la base: quand le courant passe dans la base, le transistor est ouvert, le courant passe dans le transistor et l'ampoule s'éclaire. Lorsque le courant ne passe plus dans la base de transistor, celui-ci est fermé, le courant électrique n'y passe pas et l'ampoule ne s'allume pas. En bref, le commutateur de transistor est contrôlé par le courant passant dans la base. Ce courant est beaucoup plus faible que celui qui passe par le transistor, et pour cette raison ce commutateur est très efficace.

Qu'est-ce qui peut se produire si nous raccordons le fil à la borne négative de la batterie, à la place de celle positive? Réfléchissez d'abord et vérifiez après! Naturellement, l'ampoule ne s'éclaire pas, parce que la base n'est pas parcourue par le courant et le transistor est fermé.

Le transistor fermé a une résistance très basse et la tension entre le collecteur et l'émetteur est très faible, pas plus qu'un dixième de volt. Pour cette raison, un transistor ouvert ne doit jamais être connecté directement entre les bornes positive et négative de la batterie, parce que le courant serait trop fort, et pourrait endommager le transistor.

34. QUAND LE TRANSISTOR N'EST PAS TOURNE CORRECTEMENT

Raccordez le transistor d'une manière incorrecte. Inversez les prises d'émetteur et du collecteur.

Quand le bout du fil reste libre, l'ampoule s'allume faiblement. Mais lorsque vous touchez la borne positive de la batterie du bout libre du fil, l'ampoule s'allume d'une plus grande intensité, mais pas encore de sa pleine intensité. Le transistor branché ainsi ne fonctionne pas correctement!

Si nous voulons donc tirer profit des propriétés du transistor BC548, le collecteur doit obligatoirement être raccordé à la borne positive et l'émetteur à celle négative. Pour que le transistor reste ouvert il faut que le courant passant dans la base soit faible.

Les transistors dont l'émetteur est lié à la borne négative et le collecteur à borne positive sont les transistors dénommés transistors NPN. Le transistor BC548 est un transistor NPN. Il existe aussi des

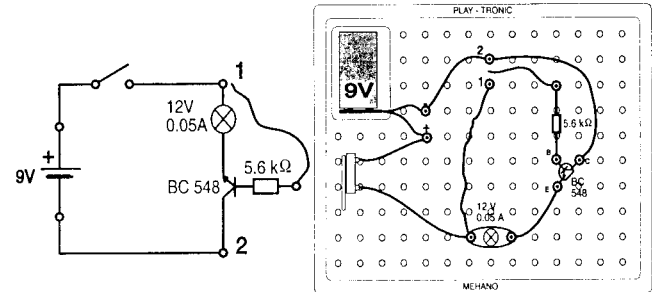


Fig. 34

transistors qui doivent être branchés au circuit de manière à ce que l'émetteur soit raccordé au pôle positif et le collecteur au pôle négatif. Ce sont les transistors PNP. Cette boîte d'expériences ne contient pas ce type de transistor.

35. COMMENT LE TRANSISTOR TRAVAILLE-T-IL SI NOUS OBSERVONS UNIQUEMENT LA BASE ET L'EMETTEUR?

Pour s'allumer l'ampoule a besoin du courant plus fort que celui qui fait allumer la diode lumineuse. Si le courant venant de la batterie est plus fort, la batterie se décharge rapidement. En effet, nous pouvons utiliser la diode lumineuse pour observer la fonctionnement du transistor. Dans toutes les expériences où nous avons utilisé l'ampoule, nous aurions pu utiliser les diodes également. Il ne faut pas oublier que la diode tournée dans le mauvais sens ne s'allume pas! Bien entendu, une résistance de $1\text{ k}\Omega$ reliée en parallèle à la diode, assure que le courant passant dans la diode ne soit pas trop fort.

Nous avons déjà mentionné que le transistor BC548 de notre boîte est de type NPN.

Cela veut dire que pour un bon fonctionnement l'émetteur doit être relié au pôle négatif. Si nous voulons que le courant électrique passe dans la base (et depuis là vers l'émetteur), la base doit être reliée au pôle positif par rapport à l'émetteur. Reliez le transistor comme

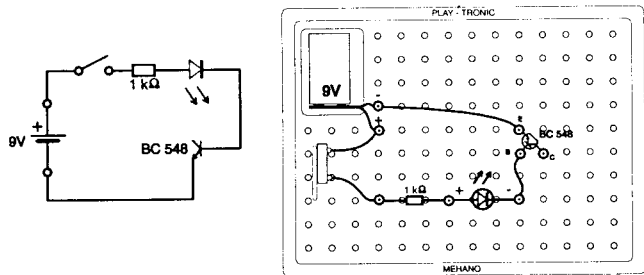


Fig. 35

indiqué dans la fig. 35. La diode s'allume. Cela veut dire que le courant passe depuis la base vers l'émetteur.

36. DANS LE TRANSISTOR LA DIRECTION BASE-EMETTEUR TRAVAILLE COMME DIODE

Inversez les prises de la base et de l'émetteur dans le transistor. La diode ne s'allume pas. Cela signifie que le courant dans le transistor ne peut pas passer dans la direction émetteur - base. Autrement dit, dans le transistor la direction émetteur - base travaille comme une diode. Dans le transistor NPN cette diode est tournée dans la direction base - émetteur.

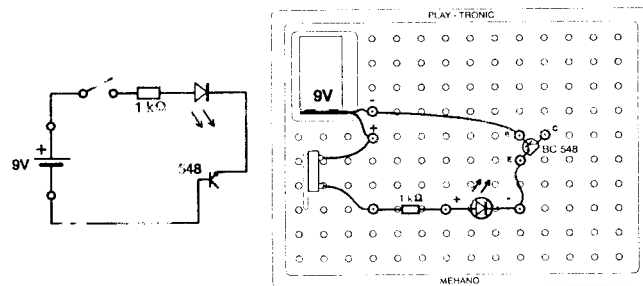


Fig. 36

37. COMMENT LE TRANSISTOR TRAVAILLE-T-IL SI NOUS OBSERVONS SEULEMENT LA BASE ET LE COLLECTEUR?

Raccordons le transistor de manière que le collecteur de transistor soit relié au pôle négatif de la batterie, et la base, par la diode, la résistance et l'interrupteur, au pôle positif de la batterie. L'émetteur doit rester libre, c'est-à-dire déconnecté.

Quand vous appuyez sur la touche, la diode commence à éclairer. Cela signifie que dans notre transistor le courant peut se déplacer de la base vers le collecteur.

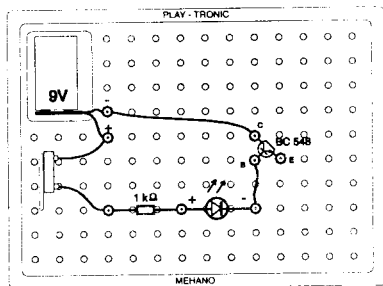
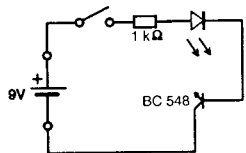


Fig. 37

38. DANS LE TRANSISTOR LA DIRECTION BASE-COLLECTEUR TRAVAILLE COMME DIODE

Inversez les prises de la base et du collecteur dans le transistor. La diode ne s'allume pas. Cela signifie que le courant dans le transistor ne peut pas passer dans la direction depuis le collecteur vers la base. Autrement dit, dans la direction base - collecteur, le transistor travaille comme une diode. Dans les transistors NPN, la diode est tournée depuis la base vers le collecteur.

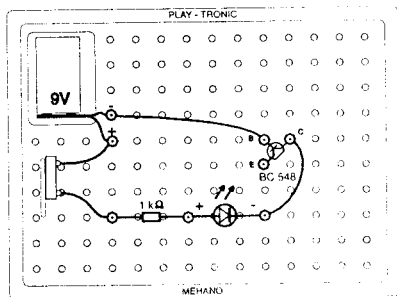
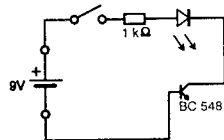


Fig. 38

39. CIRCUIT POUR TESTER LES TRANSISTORS

De ce que nous avons appris, nous pouvons déjà dire comment doit fonctionner un bon transistor.

Si nous doutons de la qualité du transistor, construisons simplement un circuit qui nous permettra de tester les propriétés du transistor. Le plus simple, c'est de construire un interrupteur de transistor.

Le schéma du circuit ci-dessous montre comment il faut connecter le transistor à tester. Quand la batterie est reliée, la diode ne doit pas s'allumer. C'est logique puisque le courant ne passe pas dans la base et le transistor est fermé. Lorsque nous appuyons sur la touche, le courant commence à passer dans la base et le transistor est ouvert. La diode s'éclaire. Dans le transistor qui fonctionne bien, la diode ne s'allume pas si l'interrupteur est en position arrêt et s'éclaire si l'interrupteur est en position marche. Si la diode est éclairée ou éteinte en permanence, cela veut dire que le transistor ne fonctionne pas bien.

Le circuit est vraiment simple à assembler, et vous pouvez l'utiliser chaque fois où vous doutez que le transistor ne marche pas parce qu'il est défectueux.

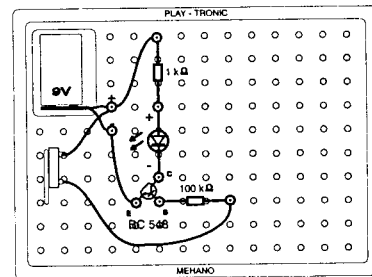
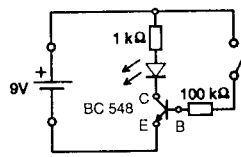


Fig. 39

40. COMMENT DETERMINER LA DISPOSITION DES PRISES DE TRANSISTOR

Comme vous avez maintenant certaines connaissances du fonctionnement du transistor, vous pouvez essayer vous-même à déterminer la disposition des prises sur un transistor que vous ne connaissez pas encore.

Vous avez besoin de la batterie, la résistance et la diode.

a) D'abord vérifiez si la diode est correctement liée.

b) Le premier pas c'est de déterminer le type de transistor et la position de la base.

Nous avons déjà dit que dans un transistor les couples base - émetteur et base - collecteur travaillent comme diodes. Les anodes de ces "diodes" (en cas de transistor NPN), servent de base. Nous allons donc trouver la base de transistor comme si elle était l'anode des deux diodes: celles de l'émetteur et du collecteur.

Or, liez une des prises de transistor que vous ne connaissez pas, à la bride no. 1; du bout du fil libre qui est relié à la bride no. 2 touchez d'abord une prise et ensuite l'autre prise de transistor. Observez quand la diode se mettra à éclairer. Ensuite changez la prise de transistor reliée à la bride no.1 et répétez le test. Répétez ce test pour toutes les prises de transistor.

c) Si vous avez trouvé une seule position où la diode s'allumait, cela veut dire que vous avez trouvé la base et que le transistor est de type NPN. N'oubliez pas la position exacte du transistor. La prise de transistor liée à la bride de ressort no. 1 est la base.

d) Si la diode ne s'allume pas ou s'allume dans toutes les positions du transistor, il est sûr que le transistor est défectueux.

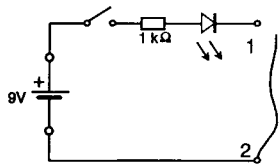


Fig. 40 a)

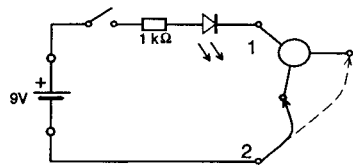


Fig. 40 b)

e) Si dans certaines positions la diode lumineuse s'allume uniquement lorsqu'une des prises de transistor est raccordée au circuit, cela ne veut pas encore dire que le transistor est défectueux. Vérifiez s'il ne s'agit pas d'un transistor de type PNP. Pour ce faire passez au point g) de l'expérience 41.

f) Il faut maintenant déterminer laquelle des deux prises restantes est l'émetteur et quelle est le collecteur. Dans notre cas, nous utiliserons le circuit pour tester le transistor. Vérifiez le transistor en prenant d'abord la première prise et ensuite la deuxième prise inconnue comme collecteur. Bien entendu, la base doit être reliée correctement. Si le circuit est assemblé correctement, le transistor fonctionnera bien, et les différents degrés d'illumination de la diode quand l'interrupteur est en position marche ou arrêt seront plus facile à distinguer.

Si le transistor ne fonctionne pas comme commutateur, c'est parce qu'il est défectueux.

41. CIRCUIT POUR TESTER LES TRANSISTORS DE TYPE PNP

g) Vérifiez si le transistor n'appartient pas au type PNP. Le courant dans ce type de transistor passe dans le sens opposé par rapport à celui de type NPN. Cela veut dire que l'émetteur doit être relié au pôle positif et le collecteur au pôle négatif de la batterie. La base doit

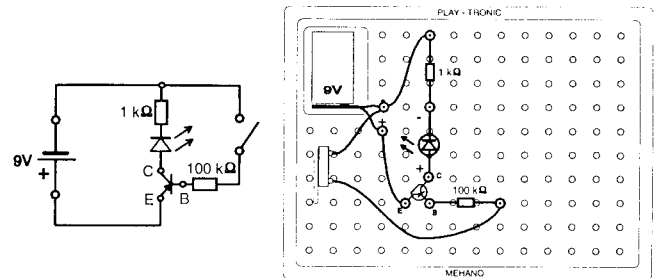


Fig. 41

également être alimentée de la borne négative de la batterie.

Dans le transistor PNP les couples base - collecteur et base - émetteur travaillent comme diodes ayant une cathode commune sur la base. Raccordez une des prises de transistor à la bride de ressort no.2 et un fil à la bride de ressort no.1. Répétez le procédé décrit à la fig. b). N'oubliez pas que vous cherchez les diodes avec une cathode commune.

Si vous trouvez la position en laquelle la diode s'allume à chaque contact du fil venant de la bride de ressort no.1 avec n'importe quelle autre bride qui est restée libre, c'est la base. Bien entendu, il faut vérifier que la même chose ne se produise pas ~ dans les autres positions. Si la diode ne s'allume point ou si elle s'allume en toutes les positions, cela veut dire que le transistor est défectueux.

h) Quand vous avez trouvé la base de transistor PNP, assemblez le circuit pour vérifier si le transistor travaille comme commutateur. Dans le schéma de circuit, vous verrez que la batterie et la diode sont placées dans les sens opposés par rapport au circuit qui permet de tester les transistor NPN.

i) Déterminer la position de l'émetteur et du collecteur. Vous pouvez tirer les conclusions comme vous l'avez fait pour les transistors NPN. Connectez le transistor et vérifiez s'il marche comme commutateur.

Le transistor tourné dans le sens opposé fonctionne mal ou il ne fonctionne pas du tout.

Si vous ne pouvez pas déterminer la base de transistor (anode commune de l'émetteur et du collecteur chez un NPN ou la cathode commune de l'émetteur et du collecteur chez un PNP), ou le transistor ne travaille pas comme commutateur, cela veut dire que le transistor est en panne.

Nous avons déjà souligné qu'il n'y avait pas de transistor PNP dans notre boîte d'expériences. Le procédé décrit ci-dessus pourra être utile quand même, quand vous aurez affaire à un transistor entièrement inconnu.

42. COURANT PASSANT DANS LA BASE PEUT ETRE CONDUIT A TRAVERS UNE RESISTANCE DE COLLECTEUR

Rappelons-nous ici le schéma du circuit pour le transistor travaillant comme commutateur. Le courant est conduit vers la base de transistor à travers une résistance dont une extrémité est connectée au pôle positif de la batterie et l'autre à la base. Ce n'est pas la seule possibilité pour conduire le courant dans la base de transistor. Le courant mettra le transistor en marche.

Le schéma ci-dessous montre le circuit dans lequel le courant passant dans la base passe aussi à travers la branche du circuit entre le collecteur et le pôle positif de la batterie.

Assemblez le circuit décrit. Quand vous appuyez sur l'interrupteur la diode s'allume. Cela veut dire que le transistor travaille comme commutateur.

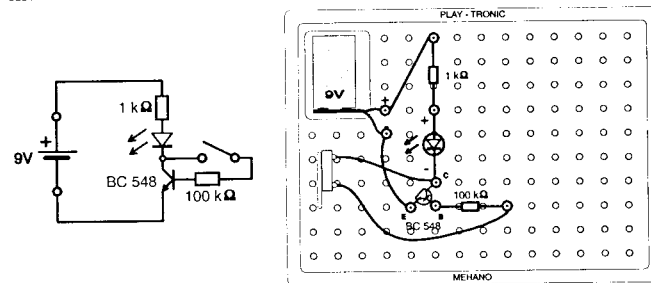


Fig. 42

43. COURANT PASSANT DANS LA BASE PEUT ETRE CONDUIT DU DIVISEUR DE TENSION

Le schéma ci-dessous montre encore une possibilité d'alimentation de la base de transistor par le courant électrique.

Nous utilisons deux résistances comme diviseur de tension. Le ratio entre la résistance de ces deux résistances détermine l'intensité de courant qui passe dans la base de transistor.

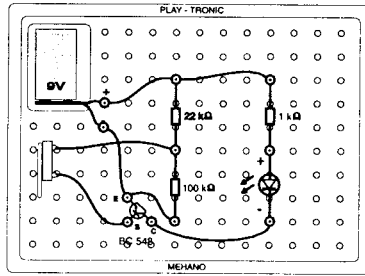
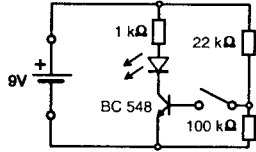


Fig. 43

Tous les trois modes d'alimentation de la base de transistor par le courant électrique, décrit ci-dessus, produisent le même effet sur le transistor sous condition que le courant passe dans la base de transistor: le transistor est ouvert. Quel mode d'alimentation de la base sera choisi dépend de la manière dont on veut utiliser le transistor.

44. RACCORDEMENT DES DEUX INTERRUPTEURS DE TRANSISTORS EN SERIE

Nous savons maintenant comment on peut utiliser le transistor comme commutateur. En envoyant un faible courant dans la base nous pouvons provoquer que le transistor soit parcouru par un fort courant.

Par une prise de transistor nous pouvons contrôler une autre prise. Un

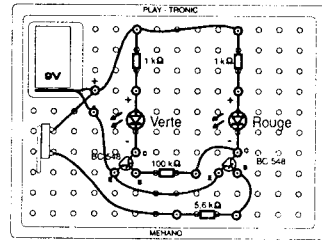
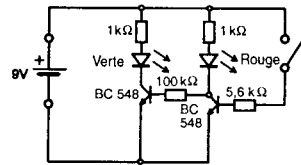


Fig. 44

tel exemple est montré dans le schéma ci-dessous. Entre le collecteur et le pôle positif de la batterie il y'a une résistance et une diode.

La diode lumineuse indique si le transistor travaillant comme commutateur est ouvert ou fermé. Si le transistor est ouvert, le courant électrique ne passe pas et la diode ne s'allume pas.

Si nous connectons la batterie à ce circuit, la diode verte s'allume. Pourquoi? Le commutateur n'est pas mis en position marche. Le courant ne passe pas dans la base du premier transistor, et il est fermé. Comme il n'y a pas de courant dans le transistor nous pouvons le considérer comme inexistant. Le courant passera dans la base de l'autre transistor par la diode rouge et la résistance de 100 kΩ. La résistance étant de 100 kΩ, le courant sera trop petit pour allumer la diode rouge, mais il sera suffisamment fort pour ouvrir le transistor gauche et pour permettre au courant électrique de passer. La diode verte s'allume.

Appuyez sur l'interrupteur. Maintenant le courant passe dans la base de transistor droit, et celui-ci se ferme. Cela permet à un courant plus fort de le parcourir et la diode rouge s'allume.

La résistance droite et la diode droite ainsi que le transistor droit forment un diviseur de tension. Il alimente la base de transistor gauche. Le transistor ouvert fournit une très faible résistance et une faible tension. Le courant passant dans la base de transistor gauche est donc très faible. Cela provoque la fermeture du transistor gauche et la diode verte ne s'allume pas.

45. TRANSISTOR COMME RESISTANCE REGLABLE

Assemblez le circuit comme indiqué ci-dessous.

L'illumination de l'ampoule dépend de la position du curseur du potentiomètre. Si le curseur est proche de la borne positive de la batterie, l'ampoule s'éclaire avec plus d'intensité, et s'il est plus proche de la borne négative de la batterie, l'ampoule s'éclaire avec moins d'intensité. Si vous faites glisser le curseur, l'intensité de la lumière varie.

Comment le circuit fonctionne-t-il?

Quand le curseur du potentiomètre est plus proche de la prise de

potentiomètre, qui est relié à la borne positive de la batterie, le courant passant dans la base est plus fort. Si nous faisons glisser le curseur, le potentiomètre devient le diviseur de tension.

La résistance parcourue par le courant qui passe dans la base est raccorder à la tension de ce diviseur. Si la tension de diviseur est plus haute, le courant passant dans la base de transistor sera plus fort.

Quand le courant passant dans la base de transistor est plus fort, l'ampoule s'allume d'une plus grande intensité. Dans ce cas, le courant parcourant l'ampoule (et le transistor, bien entendu) sera plus fort. Comme l'ampoule est ce qu'elle est, il est évident que les propriétés du transistor changent et qu'il commence à travailler comme une résistance réglable, dont la résistance dépend du courant passant dans la base.

Supposons que vous fassiez tourner l'axe du potentiomètre à gauche et à droite. Cela fait que la tension du curseur varie; elle est d'abord plus haute puis elle baisse.

La tension plus haute envoie plus de courant dans la base de transistor et celui-ci s'ouvre. La tension variable conduite dans la base de transistor depuis le potentiomètre peut être envoyée de n'importe quelle autre source. Le transistor amplifie ces variations de tension. On peut donc dire que le transistor que nous utilisons comme résistance réglable est un amplificateur.

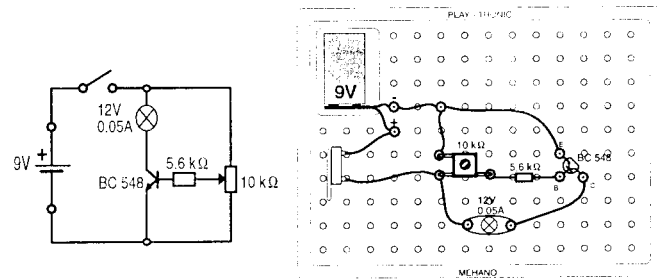


Fig. 45

46. CIRCUIT DE DEUX AMPLIFICATEURS RELIES EN SERIE

De la même manière que nous pouvons contrôler un commutateur de transistor par un autre commutateur, nous pouvons également relier la prise de sortie d'un amplificateur à la prise d'entrée de l'autre, ce qui nous permet d'amplifier une faible tension plusieurs fois.

Dans le circuit ci-dessous nous avons un circuit de deux amplificateurs de transistor reliés en série. Les diodes lumineuses servent d'indicateurs des changements de tension du transistor.

Supposons que le curseur du potentiomètre soit en position où la tension égale zéro. Le courant parcourant la base de transistor est également zéro et le transistor est fermé.

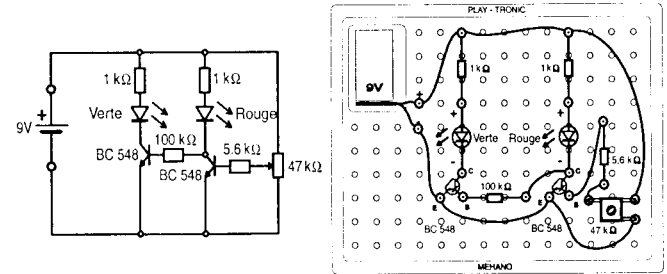


Fig. 46

Nous déduisons de l'expérience précédente que dans notre cas, la diode rouge ne s'allume pas, mais que, par contre, la diode verte s'allumera. Si le curseur du potentiomètre est en position dans laquelle le courant passant dans la base de transistor est le plus fort, nous aurons la situation inverse. La diode rouge sera allumée et celle verte non. Qu'est-ce qui se produit dans les positions intermédiaires du potentiomètre? Vérifiez!

Pendant que vous faites glisser le curseur du potentiomètre, la diode rouge s'allume avec plus d'intensité et la diode verte avec peu d'intensité. Si vous faites tourner le potentiomètre dans le sens opposé,

l'intensité de la lumière dans la diode rouge faiblit et celle de la diode verte sera plus intense.

Le circuit décrit nous montre comment on peut utiliser le signal de sortie venant d'un amplificateur de transistor pour contrôler l'autre. Dans notre expérience nous avons montré qu'on pouvait allumer et éteindre les diodes lumineuses au moyen des deux transistors. Dans le deuxième transistor où la tension, envoyée dans la base de transistor droit, est déjà fortement amplifiée, nous pouvons utiliser, à place de la diode lumineuse, un autre élément nécessitant pour son fonctionnement une grande puissance, comme par exemple, l'ampoule ou les spires de ressort, etc.

47. UNE COUCHE DE GRAPHITE SUR UNE FEUILLE DE PAPIER PEUT TRAVAILLER COMME UNE RÉSISTANCE

Dans l'introduction, nous avons mentionné qu'une résistance est normalement réalisée à partir d'un tube céramique sur lequel on a posé une légère couche de résistance. Cela peut être du graphite par exemple. Dans la vie quotidienne, nous pouvons souvent rencontrer du graphite. On trouve du graphite dans un simple crayon à écrire: la mine du crayon est en graphite. Comment pouvons-nous le démontrer? Faisons nous-même une résistance!

Prenons une feuille de papier et marquons un trait large au moyen d'un crayon avec la mine tendre. Pliez le papier en sorte que le trait large se situe le long de la partie pliée. A deux bouts de trait placez

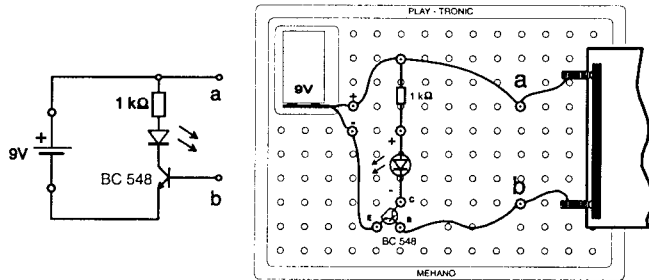


Fig. 47

les brides de ressort, dans lesquelles vous avez inséré les fils de contact. Vous avez construit une résistance munie des fils de contact. Comment pouvez-vous vérifier que c'est une vraie résistance? Raccordez-la au circuit décrit à la figure 47. A travers cette résistance le courant commence à passer à partir de la borne positive de la batterie dans la base de transistor. Le transistor est ainsi ouvert et la diode rouge s'allume.

48. LA COUCHE DE GRAPHITE SUR UN PAPIER PEUT ÉGALEMENT ÊTRE UTILISÉE COMME POTENTIOMÈTRE

Nous avons déjà mentionné que le potentiomètre est en effet une résistance sur laquelle nous pouvons faire glisser le curseur. Utilisez la résistance décrite ci-dessus, celle que vous avez réalisée en laissant une trace de graphite sur le papier, et transformez-la en potentiomètre!

Comme potentiomètre vous utiliserez la résistance construite dans l'expérience précédente. Pour le curseur utilisez la bride de ressort et frottez-la contre la couche de graphite sur le papier. Observez les changements d'illumination de la diode lumineuse! Rappelez-vous le circuit où le transistor était employé comme résistance réglable. Ici nous avons presque le même circuit, à seule exception que le potentiomètre fabriqué dans une usine est remplacé par un potentiomètre fait à la main.

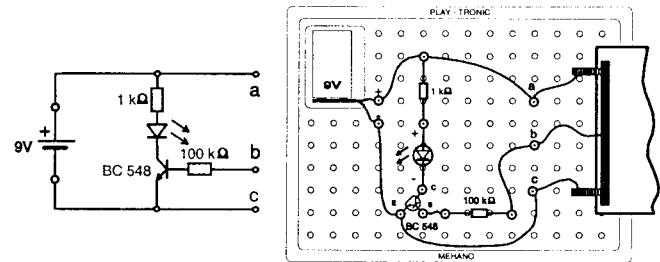


Fig. 48

49. GARDE ELECTRIQUE

Maintenant comme nous avons appris comment fonctionne un circuit avec le transistor, nous pouvons utiliser le transistor de plusieurs manières différentes. Dans quel type de circuit le transistor sera utilisé dépend uniquement de l'imagination de celui qui décide de la conception du circuit.

L'expérience suivante montre l'utilisation du transistor dans le circuit qui émet le signal lors de l'interruption du circuit. Ce circuit, par exemple, peut être utilisé pour signaler une ouverture indésirable de la porte. Dans ce circuit nous utiliserons le transistor comme interrupteur.

Entre les brides nos. 1 et 2 il y'a un fil qui provoque un court circuit entre la base et l'émetteur. Comme le courant ne passe pas dans la base de transistor, celui-ci est fermé. Le courant qui passe depuis le pôle positif de la batterie, passe à travers une résistance de 100 kΩ directement dans le pôle négatif de la batterie.

Si vous enlevez le fil entre les brides 1 et 2, le courant commence à passer dans la base et le transistor est ouvert. La diode lumineuse s'allume. Donc, vous pouvez utiliser le circuit décrit pour constater les interruptions du circuit électrique. Une des nombreuses possibilités est la garde électrique.

Le fil entre les brides 1 et 2 peut être de n'importe quelle longueur. En endroit que nous désirons mettre sous garde, nous posons un dispositif permettant d'interrompre le circuit électrique. Le schéma ci-dessous montre un exemple qui peut être utilisé pour signaler que la porte sous garde était ouverte.

Sur la partie de la porte qui s'ouvre, fixez au moyen d'une pince une trombone, et faites la même chose sur le montant de la porte. Sur chaque trombone fixez le fil relié au circuit, soit à la bride no. 1 ou celle no.2. Entre les trombones insérez un bout de fil. Veillez à ce que le fil soit enlevé d'isolation aux points de contact avec les trombones. Si vous avez tout fait correctement, la diode s'allume. A cause du fil qui se trouve entre les brides 1 et 2, il s'est produit un court circuit entre la base et l'émetteur. Le courant électrique ne passe pas dans la base.

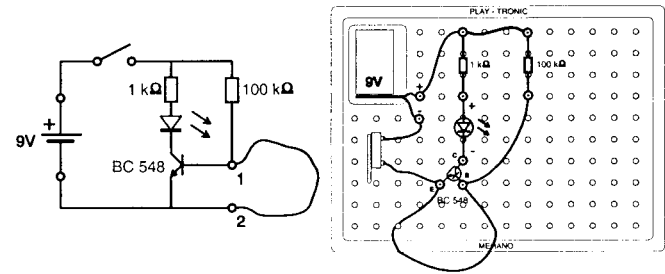


Fig. 49

Quand quelqu'un ouvre la porte, le fil inséré dans les trombones ne tient plus dedans, et le circuit entre les points 1 et 2 est coupé. Maintenant le courant commence à parcourir la borne positive de la batterie et passe à travers la résistance dans la base de transistor.

Le transistor est ouvert et la diode commence à s'allumer.

Nous pouvons choisir plusieurs endroits et les mettre sous garde. Tous ces endroits (vitres, portes, portes de placard), nous relierons en série et conduisons les fils jusqu'à notre circuit. Le seul inconvénient c'est que, lorsque nous recevons le signal, nous ignorons l'endroit où "l'importun" a fait l'intrusion qui a déclenché l'alarme. Si nous voulons obtenir cette information, il faut pour chaque point sous garde mettre en place un circuit séparé. Si tous les circuits sont posés en même endroit, nous pouvons utiliser la même batterie pour tous.

50. SIGNAL DU NIVEAU HAUT D'UN LIQUIDE

La plupart des liquides peuvent être utilisés comme conducteurs de courant électrique. Pas trop bien, naturellement, mais la résistance des liquides est suffisamment faible pour permettre au courant électrique de passer et d'alimenter un transistor.

Dans notre boîte d'expériences vous trouverez un détecteur d'humidité. C'est une plaquette avec deux conducteurs posés très proches l'un de l'autre sur une longueur suffisamment grande. Le courant élec-

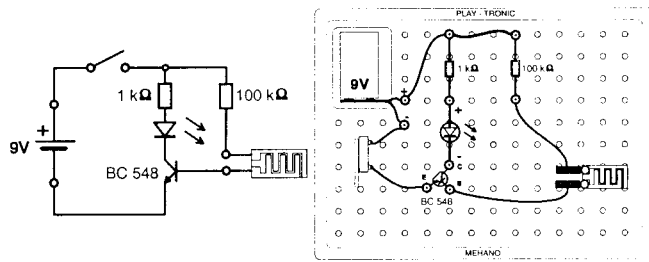


Fig. 50

trique ne peut pas franchir l'écart entre les deux conducteurs. Si un liquide conducteur est placé entre les deux conducteurs, la résistance du détecteur d'humidité dans son ensemble diminue. Nous allons en tirer profit dans nos expériences.

Dans ce circuit, la résistance de 100 kΩ et le détecteur d'humidité sont reliés entre la borne positive de la batterie et la base de transistor. Quand le détecteur d'humidité est immergé dans un liquide conducteur de courant électrique, celui-ci commence à parcourir la borne positive de la batterie, passant à travers la résistance de 100 kΩ et le détecteur d'humidité, dans la base de transistor. Le transistor est ouvert et la diode lumineuse s'allume.

Il faut souligner que le détecteur d'humidité décrit ci-dessus ne peut pas être utilisé pour les liquides qui ne transmettent pas le courant électrique, p.e. des différentes huiles ou l'eau distillée. Dans tous ces cas il faut utiliser d'autres détecteurs.

51. SIGNAL DU NIVEAU BAS D'UN LIQUIDE

Dans cette expérience nous désirons qu'un signal nous avertisse de la baisse de niveau d'un liquide. Dans ce circuit, le détecteur d'humidité est constitué à partir d'une résistance de 100 kΩ, avec laquelle il forme un diviseur de tension, dont la prise moyenne est reliée à la base de transistor.

Quand le diviseur est immergé dans un liquide, la résistance entre ses deux extrémités est faible. Pour cette raison, la tension entre ces

extrémités est trop faible pour permettre au courant de passer dans la base de transistor et celui-ci est fermé.

Lorsque le récipient est vide, le détecteur reste en l'air. Au fur et à la mesure que l'humidité commence à diminuer, la résistance de détecteur monte. La tension dans la branchemoyenne du détecteur monte, et le courant passe par la résistance de 100 kΩ, dans la base de transistor. Le transistor s'ouvre et la diode lumineuse s'allume.

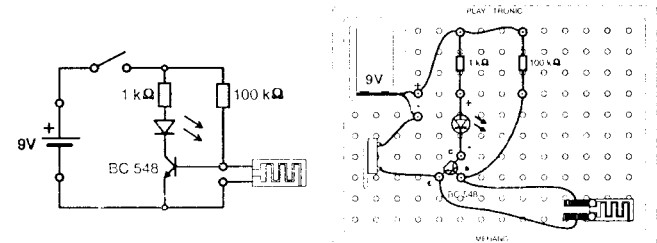


Fig. 51

52. AMPLIFICATEUR MONOPHASE A BASSE FREQUENCE

Rappelons-nous ici la description du fonctionnement des haut-parleurs. Si le courant électrique parcourt le ressort du haut-parleur, celui-ci travaille comme un électroaimant. Sous cette action, le bobinage est tiré ou repoussé par le relais de l'électroaimant. Si un courant variable ou alternatif passe par ce bobinage, il commence à se mouvoir en avant et en arrière. Cela fait vibrer les couches d'air à proximité du haut-parleur et nous entendons un son.

En règle générale, dû aux mouvements du conducteur près de l'électroaimant (ou les mouvements du conducteur près de l'aimant), le courant électrique passe par le conducteur. C'est le principe fondamental des génératrices électriques dans des usines électriques.

Que se passe-t-il dans le bobinage qui se trouve dans la rainure de l'aimant si le bobinage commence à se mouvoir? Sous l'action de ses mouvements, le bobinage est parcouru par du courant électrique. On

dit que le courant électrique dans le bobinage est induit. Comme la membrane se déplace à l'intérieur et à l'extérieur, le courant dans le bobinage change de direction. En bref, si nous parlons dans le haut-parleur, un courant alternatif commence à parcourir le bobinage. Si nous parlons dans le haut-parleur, un signal électrique apparaît sur les prises de haut-parleur, dont la tension dépend de la hauteur de

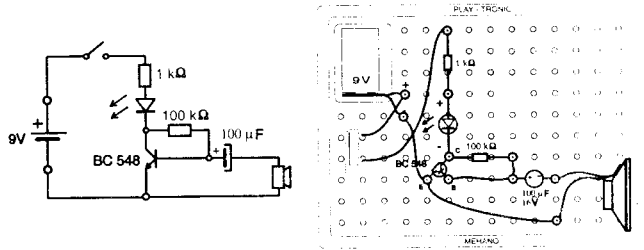


Fig. 52

notre voix ou du tapotage que nous faisons sur la membrane. C'est ainsi que fonctionnent certains microphones, p.e. ceux que l'on utilise dans les téléphones modernes. La construction du haut-parleur et du microphone se ressemble beaucoup. Cette boîte d'expériences ne comporte pas de microphones, mais peu importe! A sa place nous utiliserons le haut-parleur.

Dans le circuit décrit à la fig. 52 les résistances sont choisies de manière que le transistor soit légèrement ouvert. C'est pour cette raison que la diode lumineuse s'allume faiblement. Le condensateur électrolytique est raccordé en parallèle au microphone. Comme le condensateur bloque le courant continu, le courant venant de la prise de collecteur et passant par la résistance de 100 kΩ, passe entièrement dans la base de transistor.

Le haut-parleur, utilisé ici comme microphone, est relié à la base de transistor par le condensateur électrolytique. Si vous tapotez sur la

membrane du haut-parleur ou vous parlez, le courant sera induit dans le bobinage. Nous avons déjà démontré que le courant alternatif peut passer dans le condensateur. Ce courant vient s'ajouter au courant passant dans la base de transistor à travers la résistance. L'intensité du courant passant dans la base varie. Le transistor sera, par conséquent, plus ou moins ouvert, et la diode s'allume avec plus ou moins d'intensité.

53. AMPLIFICATEUR BIPHASE A BASSE FREQUENCE

Dans cette expérience, nous utiliserons deux amplificateurs à basse fréquence très semblables l'un à l'autre. Entre la sortie du premier (le collecteur de transistor droit) et l'entrée du second (la base du transistor gauche), il y'a un condensateur électrolytique assurant que l'alimentation de la base de transistor gauche sera contrôlée uniquement à partir des résistances placées autour du transistor. Le premier transistor amplifie le signal alternatif à basse fréquence venant du haut-parleur qui est utilisé comme microphone. Le signal

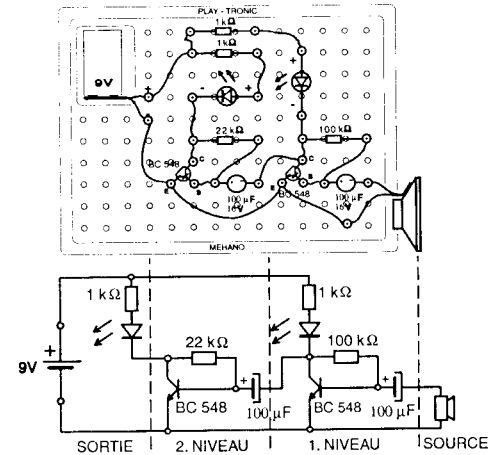


Fig. 53

alternatif renforcé passe du collecteur de transistor droit par le condensateur électrolytique dans la base de transistor gauche. Cela fait que le signal du collecteur de transistor gauche est renforcé plusieurs fois. La diode montre les changements de courant passant dans le transistor gauche comme résultat du signal venant du haut-parleur.

54. UNE VARIATION DE L' AMPLIFICATEUR

Le schéma ci-dessous présente une variation de l'amplificateur biphasé. Entre le collecteur de transistor droit et la base de transistor gauche, il n'y a pas de collecteur électrolytique. Cela permet au courant continu, passant par la résistance du collecteur de transistor

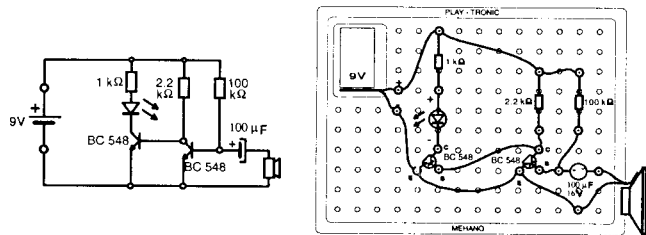


Fig. 54

droit, de passer pour une part dans la base de transistor gauche. Si nous comparons les deux circuits, nous constatons que dans le second nous n'avons pas utilisé tous les éléments. Cependant, un raccourcement direct entre le premier et le second transistor risquerait de nous causer certains ennuis.

55. "LIGHT SHOW"

Au moyen des amplificateurs nous pouvons suffisamment amplifier un faible signal venant de l'entrée de haut-parleur pour que l'ampoule s'allume.

Si vous reliez l'ampoule directement aux prises du haut-parleur, elle ne s'éclaire pas. Mais si dans le circuit assemblé vous tapotez légèrement sur le haut-parleur ou vous soufflez dedans, l'ampoule s'al-

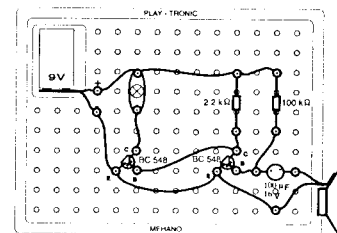
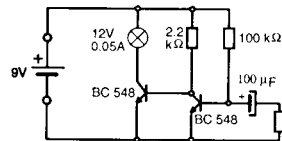


Fig. 55

lume. Le principe similaire est utilisé dans les discothèques où les lumières s'allument au rythme de la musique qu'on écoute.

56. CIRCUIT A DETECTEUR DE SIGNAL AVEC DEUX TRANSISTORS

Vous vous êtes probablement posé la question comment fonctionnent les touches de détecteur de signal des postes TV ou des postes de radio. Cette touche n'est pas proprement dit une touche sur laquelle il faut vraiment appuyer, il suffit de la toucher légèrement du doigt pour qu'elle fonctionne.

Si vous assemblez le circuit décrit à la fig. 56, il sera probablement plus clair comment cette touche est construite. Dans ce circuit nous avons utilisé deux transistors. Posez les brides de ressort reliées à la borne positive de la batterie et l'extrémité de la résistance de 100 kΩ, qui est raccordée à la base de transistor droit, tellement proches l'une

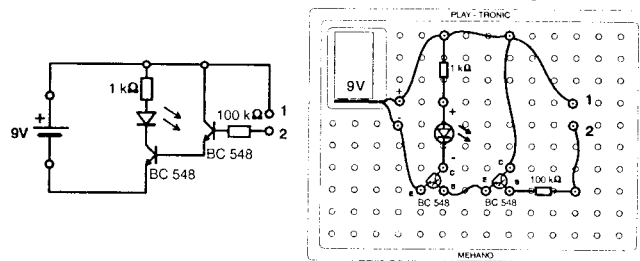


Fig. 56

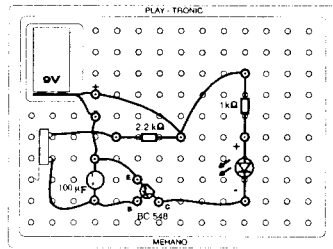
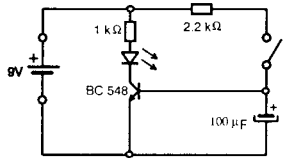


Fig. 58

Relâchez la touche. Le condensateur est chargé et une certaine électricité y est déposée. Quand nous relâchons la touche, le condensateur commence à travailler comme batterie d'où le courant peut passer dans la base de transistor. Pour cette raison, la transistor reste ouvert un certain temps. Au fur et à mesure que le condensateur commence à se décharger, le courant passant de celui-ci vers la base de transistor diminue. Le transistor se ferme 'entement et l'illumination de la diode devient de plus en plus faible pour disparaître complètement.

59. CONDENSATEUR ET TRANSISTOR (2)

Dans ce circuit, l'interrupteur est raccordé en parallèle au condensateur électrolytique. Lorsque vous reliez le circuit à la batterie, l'illumination de la diode augmente comme dans l'expérience précédente. Appuyez sur l'interrupteur. Cela provoque un court circuit dans le

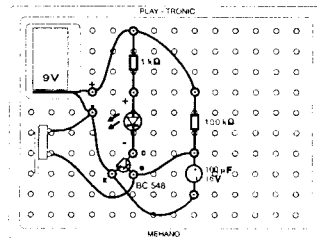
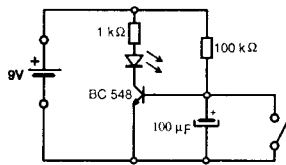


Fig. 59

condensateur qui se décharge immédiatement. La diode s'éteint dans le moment qui suit. Relâchez le bouton de l'interrupteur. Le condensateur commence à se charger et l'illumination de la diode augmente jusqu'à atteindre le maximum.

60. BRANCHEMENT DE L'APPAREIL POUR UN BREF MOMENT

Le circuit utilisant les propriétés du condensateur au moment de son chargement peut également être utilisé pour brancher un appareil pour un bref moment. Cela peut être un ventilateur dans la salle de bain, la sonnerie électrique ou le gong d'entrée. Il est vrai que le circuit décrit à la fig. 60 ne le permet pas, mais si, à la place de la diode et la résistance raccordée en série, nous relierons un relais entre le collecteur de transistor et le pôle positif de la batterie, le relais pourrait fonctionner comme interrupteur de l'appareil qui pour son fonctionnement a besoin d'un courant et d'une tension plus grands.

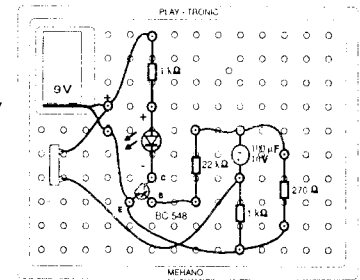
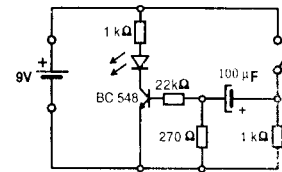


Fig. 60

Comment ce circuit fonctionne-t-il? Supposons que le condensateur électrolytique soit déchargé? Quand vous appuyez sur la touche, le courant électrique commence à passer dans le condensateur pour se diviser ensuite en branches: une partie passe par la résistance de 270 Ω dans le pôle négatif de la batterie, l'autre par la résistance de 22 kΩ dans la base de transistor. Le transistor s'ouvre et la diode lumineuse s'allume.

Le condensateur commence lentement à se charger. Quand il sera chargé le courant n'y passe plus et il ne peut non plus se déplacer dans la base de transistor. Celui-ci est fermé et la diode ne s'allume pas.

Quand vous relâchez l'interrupteur, le pôle positif du condensateur n'est plus relié à la borne positive de la batterie.

Le courant peut donc passer dans les résistances de $1\text{ k}\Omega$ et de 270Ω et le condensateur commence à se décharger. Ici le courant parcourant la résistance de 270Ω passe dans le sens opposé à celui qu'il a pris quand vous aviez appuyé sur l'interrupteur, et le sens de la tension dans cette résistance est donc opposé au précédent. Cela signifie que le transistor est fermé. La diode ne s'allume pas.

61. COMMUTATEUR A MINUTERIE PROGRAMMABLE

Vous avez probablement déjà eu l'occasion de voir vos parents essayant de verrouiller la voiture dans un parking obscur, toutes les portes de voiture fermées et toutes les lumières éteintes. Ne serait-il plus facile si les lumières à l'intérieur de l'automobile étaient restées allumées pour encore quelques secondes?

Supposons que le bouton décrit dans le schéma 61. soit le bouton pour allumer les lumières à l'intérieur de la voiture. Quand le contact est établi, le courant venant de la borne positive de la batterie commence à parcourir la résistance de 33Ω , après quoi une partie passe dans le condensateur électrolytique et commence à le charger, et l'autre partie de courant passe dans la résistance de $2,2\text{ k}\Omega$. Depuis là, une partie de courant passe dans la base de transistor, l'autre par le potentiomètre passe dans la borne négative de la batterie. Puisque le courant passe dans la base de transistor, il est donc ouvert et la diode s'allume.

Relâchez le bouton. Le condensateur commence à se décharger par la résistance de $2,2\text{ k}\Omega$, après quoi une partie de courant commence à parcourir la base, et l'autre le potentiomètre et la résistance de $22\text{ k}\Omega$. En fonction de la position du curseur du potentiomètre, le condensateur se décharge plus vite ou plus lentement.

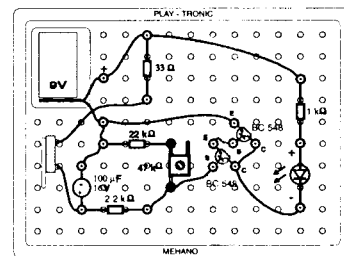
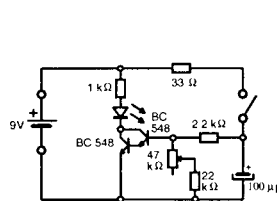


Fig. 61

Lorsque la tension sur le condensateur électrolytique est trop faible pour permettre au courant passant dans la base de transistor de maintenir le transistor ouvert, la diode s'éteint. Au moyen du potentiomètre, vous pouvez donc régler la période de temps pendant laquelle la diode doit rester allumée après le relâchement du bouton.

62. CIRCUIT POUR TESTER LES ELEMENTS

Dans le circuit décrit à la fig. 62 la diode lumineuse s'allume quand le courant passe entre les brides a et b. Comment peut-on utiliser cela pour tester les éléments?

Si vous reliez une résistance entre les brides a et b, la diode lumineuse s'allume si la résistance n'est pas endommagée.

Si vous reliez un condensateur entre les point a et b, la diode s'allume pour un bref moment. Quand le condensateur est chargé, le courant ne passe plus depuis la bride a dans le condensateur et la base de transistor. La diode ne s'allume plus. Si la capacité du condensateur est plus grande, la diode reste allumée pour plus long temps. Si la diode n'arrête pas d'allumer, le condensateur est défectueux.

Au moyen de ce circuit vous pouvez également tester les diodes. Vous reliez la diode et regardez à ce que la cathode (l'extrémité marquée de la diode) soit raccordée à la bride b.

La diode s'allume. Si maintenant vous tournez la diode que vous désirez tester, elle ne doit pas s'allumer. Si le circuit, lors du rac-

cordement de la diode ne marche pas comme indiqué, cela veut dire que la diode est défectueuse.

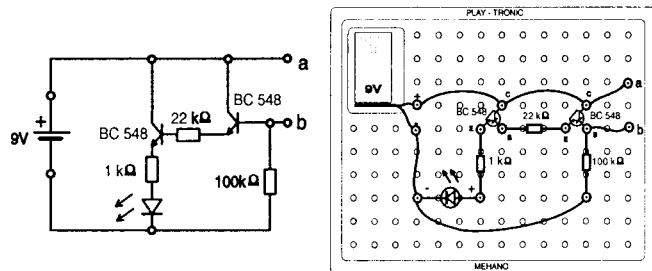


Fig. 62

63. CIRCUIT POUR TESTER LES DIODES

Dans l'expérience précédente, nous avons dû connecter deux fois la diode à tester pour observer le fonctionnement des directions anode - cathode et ensuite cathode - anode.

Avec les éléments contenus dans notre boîte d'expériences, vous pouvez assembler un circuit complexe (pour les essais des diodes). Regardons comment le circuit travaille si nous y relions une diode en bon état et l'autre défaillante.

Tout d'abord, supposons que la diode soit coupée à l'intérieur. Ce serait comme si dans le circuit d'essai rien n'était relié entre les brides a et b. Le transistor droit est fermé, parce que le courant ne peut pas passer dans la base de transistor. La diode ne s'allume pas. Appuyez maintenant sur le bouton. Depuis le bouton et la résistance de 100 kΩ, le courant passe dans la base de transistor droit, qui s'ouvre et la diode s'allume. Comme le bouton est appuyé, le transistor gauche s'ouvre juste pour un instant, ce qui est d'ailleurs sans importance pour notre expérience.

Supposons que la diode soit court-circuitée à l'intérieur. Ce serait comme si entre les brides a et b nous avions inséré un bout de fil.

Le courant peut passer par la résistance de 2,2 kΩ, le fil inséré et la résistance de 22 kΩ, dans la base de transistor droit. Pour cette raison le transistor est ouvert et la diode lumineuse s'allume. Appuyez sur le bouton. Le transistor gauche est ouvert et il fournit une résistance très faible. Cela fait que la tension entre l'émetteur et le collecteur de ce transistor est trop faible pour permettre au courant de passer dans la base du deuxième transistor. Le transistor est donc

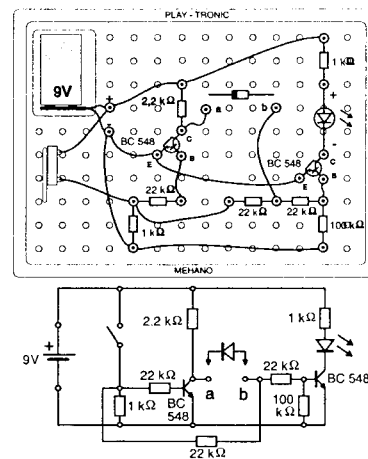


Fig. 63

fermé et la diode ne s'allume pas. Quand vous appuyez sur le bouton, le transistor gauche est ouvert et la résistance entre son collecteur et l'émetteur est faible. Le courant, passant normalement à travers le bouton et la résistance de 100 kΩ, passe plutôt par la diode et le transistor gauche, dû à la faible résistance du transistor gauche, et le transistor droit est de nouveau fermé. La diode ne s'allume pas. Supposons que la diode insérée se trouve en bon état et qu'elle est intercalée au circuit dans le sens opposé, c'est-à-dire la cathode est

reliée à la bride b. Le courant passe par la résistance de $2,2\text{ k}\Omega$, la diode à tester et la résistance de $22\text{ k}\Omega$, dans la base de transistor droit, qui est ouvert et la diode s'allume. Lorsque vous appuyez sur le bouton, le transistor gauche s'ouvre et il fournit une faible tension. Le courant passant par le bouton et la résistance de $100\text{ k}\Omega$ passe aussi vers la bride b. Comme la bride gauche de la diode (le transistor gauche étant ouvert) a une très basse tension, la diode à tester est tournée dans le sens erroné.

Le courant ne passe pas dans ce sens, mais dans la base de transistor droit. Le transistor s'ouvre encore une fois et la diode lumineuse s'allume.

A partir de cette description, nous pouvons faire le tableau suivant:

état de diode	bouton appuyé	bouton relâché
bonne	éteinte	éteinte
déconnectée	allumée	éteinte
court-circuitée	éteinte	allumée
la diode tourner à l'envers	allumée	allumée

64. GENERATRICE DE BRUIT

Vous avez probablement eu l'occasion de voir un amplificateur avec l'affichage montrant le volume des tons de musique écoutée. L'affichage a de petites colonnes sautillant au rythme de la musique. Au dessous de certaines colonnes il est indiquée la fréquence correspondant au signal écouté, par exemple 100 Hz , 200 Hz , 500 Hz , 1 kHz , etc. Pour assurer la haute qualité de la reproduction de la musique, il faudrait qu'un amplificateur amplifie tous les sons de la même manière. Comment peut-on le vérifier? Nous devrions avoir une source de signaux, et la relier à l'amplificateur, pour ensuite mesurer la puissance à la sortie d'amplificateur. Ensuite nous devrions changer la fréquence de signal de même puissance et mesurer encore une fois son volume. Cela fait, nous pourrions constater quelle fréquence l'amplificateur amplifie mieux et quelles sont celles qu'il amplifie moins. Par des moyens appropriés, nous pourrions régler

l'amplification de chaque fréquence individuelle.

Il existe un signal où tous les sons de toutes les fréquences sont déjà présents. C'est le bruit. Si nous avions une source de bruits, nous pourrions la relier à l'entrée d'amplificateur et mesurer à la sortie le volume des fréquences individuelles par un instrument qui permet de mesurer le volume. Cet instrument est muni d'un affichage avec les colonnes sautillantes décrites ci-dessus. A partir de cela, il nous sera facile de régler les amplificateurs.

Le circuit générant du bruit est décrit dans le schéma 64. L'élément qui génère du bruit est la direction émetteur - base du transistor BC548, utilisée comme diode et connectée au circuit dans le sens opposé. Le transistor raccordé au circuit de cette manière produit un sifflement que nous pouvons amplifier. Ici nous avons utilisé l'amplificateur de transistor. Quand vous appuyez sur le bouton du circuit, vous entendez un sifflement du haut-parleur.

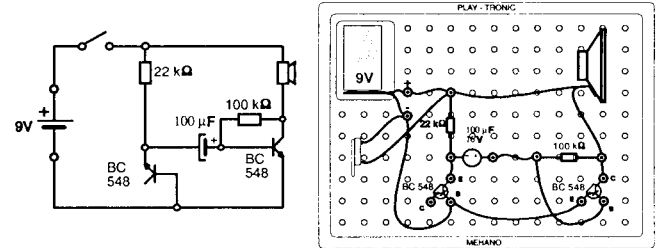


Fig. 64

65. VOYANT DE TEMPERATURE

Nous savons déjà comment fonctionnent les thermostates, les thermostances et les relais. Nous possédons donc une connaissance suffisante pour pouvoir assembler un circuit plus complexe.

Supposons que nous avons un calorifère et que nous voulions qu'il se mette en marche automatiquement quand la température baisse à un certain niveau. Cela peut se faire en utilisant un circuit semblable

à celui décrit ci-dessous.

La thermistance et la résistance réglable du côté droit du schéma de circuit sont en effet un diviseur de tension réglable. Si la résistance de thermistance est plus faible (ce qui se produit quand la température est plus haute), la tension à la sortie de diviseur sera plus élevée. La sortie de diviseur est connectée par la résistance à la base de transistor. Comme la tension de diviseur a monté, le courant dans la base augmente aussi et le transistor s'ouvre. La tension entre l'émetteur et le collecteur de ce transistor sera donc faible. Le courant passant dans la base de transistor gauche diminue et le transistor se ferme. La diode ne s'allume pas. Si nous relierons un relais à la place de la diode et la résistance de 1 k Ω , le relais peut mettre en marche le calorifère ou, dans un système de chauffage à l'eau, ouvrir la soupape de l'eau chaude.

Quand la température baisse, la résistance de thermistance s'élève. Pour cette raison, le transistor gauche est fermé, le droit est ouvert et la diode lumineuse commence à s'allumer.

Le circuit peut être inséré en endroit quelconque, mais la thermistance doit être placée en endroit précis où nous souhaitons régler la température.

Entre la thermistance et la borne négative de la batterie il y'a une résistance réglable, c'est-à-dire un potentiomètre. Si la résistance est petite, un courant plus faible passera dans la base de transistor droit. Si nous voulons que le courant passant dans la base de transistor soit suffisamment fort pour mettre en marche le relais, la résistance de thermistance doit descendre à un niveau plus bas, ce qui se produit quand la température est haute.

Cela veut pratiquement dire qu'en changeant de positions du curseur du potentiomètre, vous pouvez régler la température mettant en marche le calorifère. Lorsque la résistance de potentiomètre est faible, le calorifère s'allume au moment où la température est plus haute et inversement.

Quand vous avez assemblé le circuit, faites tourner l'axe du potentiomètre pour que la diode ne s'allume plus. Ensuite, faites tourner le

potentiomètre juste pour permettre à la diode de s'allumer. Touchez de vos doigts la thermistance. Cela va la réchauffer et la diode s'éteint. Attendez un peu. La thermistance se refroidira et la diode se rallumera.

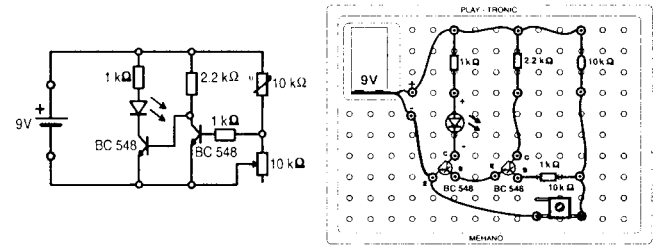


Fig. 65

66. BOUGIE ELECTRIQUE

Pour allumer la bougie, vous avez besoin d'une source de chaleur (du feu d'une allumette), et pour l'éteindre il suffit de souffler. Le circuit ci-dessous travaille presque comme une bougie.

Si vous chauffez la thermistance, sa résistance baisse. Pour cette raison, la tension de thermistance est plus faible, et un courant plus fort passe dans la base de transistor droit. Cela fait que la base de transistor gauche est parcourue par un courant plus fort, le transistor s'ouvre et l'ampoule s'allume.

Si l'ampoule et la thermistance sont placées tout près l'une de l'autre, par sa chaleur, l'ampoule chauffe la thermistance et l'ampoule continue à allumer. Que devons-nous faire pour que l'ampoule ne s'allume plus? Soufflez légèrement dans la thermistance pour la refroidir. Si c'est nécessaire, soufflez plusieurs fois et l'ampoule commencera à s'éteindre. Quand la thermistance est refroidie, sa résistance est plus grande et le courant passant par la thermistance a une plus faible tension.

Le courant plus faible passera aussi dans la base de transistor de

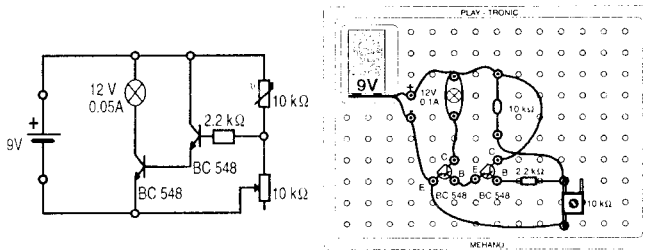


Fig. 66

même qu'à travers le transistor. L'ampoule ne s'allume plus. Au moyen d'une résistance réglable, vous pouvez ajuster la température à laquelle l'ampoule commence à s'allumer. Faites tourner l'axe du potentiomètre pour que l'ampoule ne s'allume plus. Ensuite faites tourner l'axe du potentiomètre jusqu'à ce que l'ampoule s'allume et en ce moment tournez-le rapidement pour qu'elle n'allume plus. Vérifiez la position de l'ampoule et de la thermistance. Le filament doit être aussi près que possible de la thermistance.

67. AVERSTISSEUR DES CHANGEMENTS DE TEMPERATURE

Quelquefois nous voulons savoir si la température a changé par rapport à celle programmée et si oui, dans quels sens. Pour ce faire, nous utilisons le circuit semblable à celui décrit ci-dessous.

La particularité de ce circuit est la manière dont on relie les transistors. Ce courant, venant des émetteurs, passe dans une résistance commune de 1 kΩ. Cette résistance détermine le total du courant qui traversera ces deux transistors. Bien entendu, il y'aura plus de courant dans le transistor avec plus basse résistance. Comme le courant peut passer ou dans le transistor gauche ou le transistor droit, mais également dans les deux, ce circuit est appelé circuit balancé. Le circuit réagit fortement aux variations de la tension entre les points a et b. Si ces deux tensions sont égales, le circuit est balancé, et les diodes s'allument de la même intensité.

Cette situation ressemble à celle de la balançoire; chaque partie fait des mouvement ascendants et descendants, mais si les enfants font des efforts, ils peuvent l'équilibrer: la balançoire sera équilibrée.

Si un courant égal passe dans les deux bases, le circuit balancé et les deux transistors ont la même résistance. Pour cette raison, les deux diodes s'allument d'intensité égale.

Si la thermistance s'échauffe, sa résistance diminue. La tension au point a sera légèrement plus haute qu'au point b. Le transistor droit est plus ouvert que celui à gauche et l'intensité de la diode droite (verte) est plus grande que celle de la diode gauche (rouge).

Lorsque la thermistance se refroidit, la tension au point a baisse. Maintenant, la tension au point b est supérieure à celle du point a. La transistor droit est actuellement plus ouvert, et la diode verte s'allume plus fort qu'avant, et celle rouge moins fort.

En utilisant le potentiomètre dans ce circuit comme résistance réglable, nous pouvons ajuster la température (ou la résistance de thermistance), à laquelle le circuit sera balancé. A ce moment, toutes les deux diodes s'allument de la même intensité. Si la température baisse, la diode verte s'allume plus fort et celle rouge moins fort. Quand la température monte, le rôle des diodes sera inverse.

Un seul regard sur les diodes suffira pour voir si la température à proximité de la thermistance est plus haute, plus basse ou égale à celle programmée.

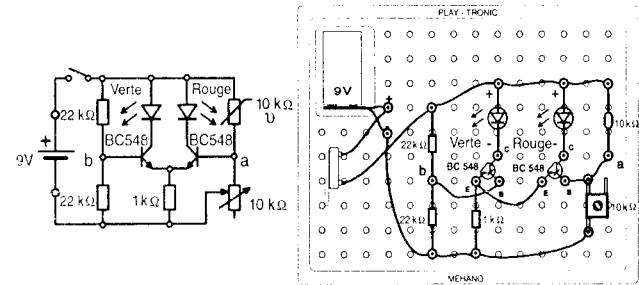


Fig. 67

68. AVERTISSEUR DU NIVEAU EXACT D'UN LIQUIDE DANS LE RESERVOIR

Le circuit est construit à partir d'un circuit balancé de deux transistors décrits dans l'expérience précédente. Dans notre cas le signal sera, bien entendu, adapté aux liquides. Il peut être construit au moyen des deux long fils parallèles, non isolés. Quand le niveau du liquide monte, la résistance entre les fils, fixés verticalement sur le mur du réservoir, change.

Comme la résistance des liquides varie, la résistance réglable et son assemblage doivent être faits correctement. Dans le cas indiqué dans le schéma 68, nous avons utilisé la résistance réglable de 47 kΩ.

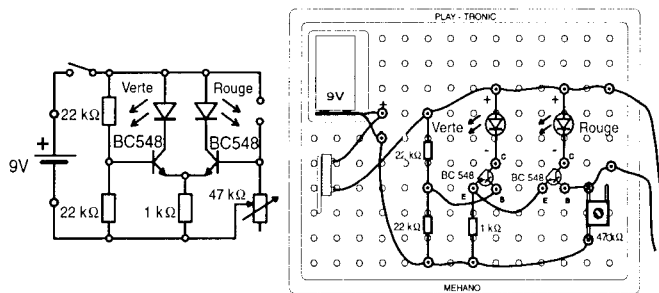


Fig. 68

69. INVERSEUR LOGIQUE (NOT)

Vous vous êtes probablement déjà posé la question comment fonctionnent les ordinateurs. Si vous voulez y croire ou non, mais un ordinateur le plus compliqué est assemblé d'une multitude de circuits très simples.

Les ordinateurs ne peuvent pas faire le calcul et opérer avec les chiffres de la même manière que nous. Les circuits ne peuvent pas utiliser les tables de multiplication comme nous. Dans les ordinateurs, tous les ordres et données sont inscrites en tant que signes ne

contenant que des zéros et des uns. Nous pouvons imaginer ces zéros et uns comme indiquant: "pas de tension" et "tension". Nous n'entrerons pas en détail ici pour décrire les données et les ordres. Nous allons faire la connaissance des circuits de base qui existent dans chaque ordinateur ou chaque circuit intégré d'un ordinateur.

On peut observer les signaux logiques de la même manière qu'une diode qui s'allume ou ne s'allume pas. Nous dirons que la donnée d'entrée désigne la valeur d'"un logique" lorsque la prise d'entrée est raccordée au pôle positif de la batterie, et qu'on a "zéro logique" lorsque la prise d'entrée est raccordée au pôle négatif de la batterie. A la sortie du circuit on a "un logique" quand la diode s'allume, et "zéro logique" lorsque la diode ne s'allume pas.

Le fonctionnement de n'importe quel circuit digital peut être décrit au moyen d'un tableau illustrant les états logiques à l'entrée (ou les entrées, s'il y'en a plusieurs) et à la sortie (ou sorties, s'il y'en a plusieurs). Ce tableau s'appelle tableau de vérité.

Dans nos circuits, nous nous limiterons à ceux avec deux entrées au maximum. Dans tous nos circuits nous avons indiqué les entrées, les circuits eux-mêmes et les sorties. Comme certains circuits ont deux entrées, et nous n'avons qu'un interrupteur dans notre boîte d'expériences, nous pouvons nous aider en prenant un fil relié à la bride d'entrée de ressort, avec lequel nous touchons d'abord le pôle positif de la batterie (1 logique) et ensuite nous touchons le pôle négatif de la batterie (0 logique).

Le circuit le plus simple est un inverseur. C'est un circuit qui renverse le sens du signal d'entrée. Si nous avons 1 logique à l'entrée, nous aurons 0 à la sortie et inversement. Le tableau de vérité sera donc comme suit:

ENTREE	SORTIE
0	1
1	0

Le circuit, utilisé comme inverseur est en effet un interrupteur de transistor, qui nous permet de voir si le transistor est ouvert ou non. Si la bride d'entrée est raccordée au pôle négatif de la batterie, le

transistor est fermé et la résistance est grande. La courant venant du pôle positif de la batterie passera par la résistance de $1\text{ k}\Omega$, et ensuite à travers la diode lumineuse. La diode s'allume.

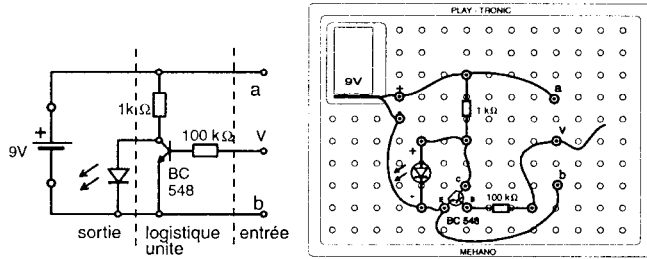


Fig. 69

70. DEUX INVERSEURS RELIES EN SERIE

On peut intégrer les sorties et les entrées des circuits logiques pour former de nouveaux circuits. De cette manière, nous pouvons utiliser les circuits logiques simples pour créer les circuits opérant des fonctions très complexes, entre leurs états d'entrée et de sortie.

Ici nous avons un exemple très simple: deux inverseurs reliés en série. Nous pouvons facilement deviner quel sera le tableau de vérité; si le premier inverseur a renversé le sens du signal logique, le deuxième le renversera encore une fois. Le tableau de vérité sera le suivant:

ENTREE	SORTIE
0	0
1	1

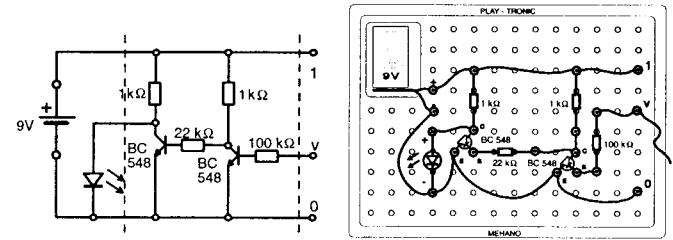


Fig. 70

71. "OU" LOGIQUE (OR)

Dans ce circuit, la diode s'allume quand on a l'état logique 1 se sur n'importe quelle des prises d'entrée.

Dans ce circuit sont raccordés les émetteurs et les collecteurs des deux transistors. Quand l'un des deux est ouvert, le courant passe par la résistance de $1\text{ k}\Omega$, le transistor et ensuite à travers la diode lumineuse. Le transistor s'ouvre quand vous touchez du fil le pôle positif de la batterie.

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

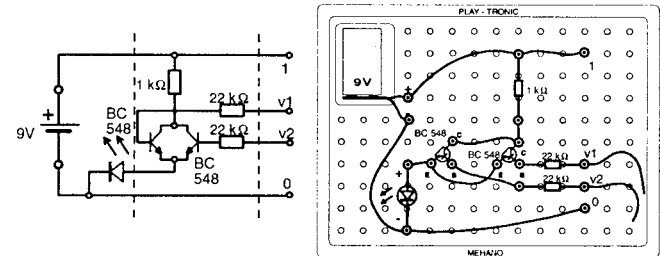


Fig. 71

72. "ET" LOGIQUE (AND)

Dans ce circuit, nous avons deux transistors connectés en série. Le courant passe par la diode uniquement si les deux transistors sont ouverts. Cela signifie que les deux entrées doivent être reliées à la borne positive de la batterie, ce qui veut dire que leur état logique doit être 1. Le tableau de vérité sera le suivant:

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

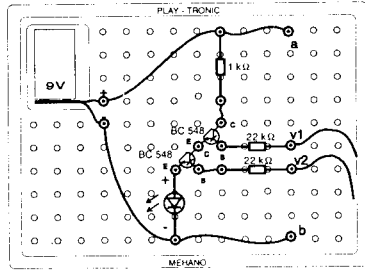
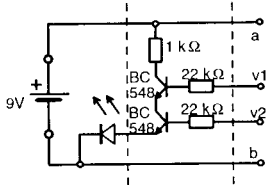


Fig. 72

73. "OU NIE" LOGIQUE (NOT OR ou NOR)

Dans ce circuit, nous avons encore une fois deux interrupteurs de transistor reliés en parallèle. La diode indique que les deux transistors sont fermés ou que les deux interrupteurs de transistor sont ouverts. Dans ce cas, les transistors auront une résistance très haute et le courant passera aisément par les diodes, qui s'allumeront. Le tableau de vérité est donné ci-après:

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Regardez le tableau de vérité du circuit OR. Dans le circuit NOR, le signal de sortie est contraire à celui de OR.

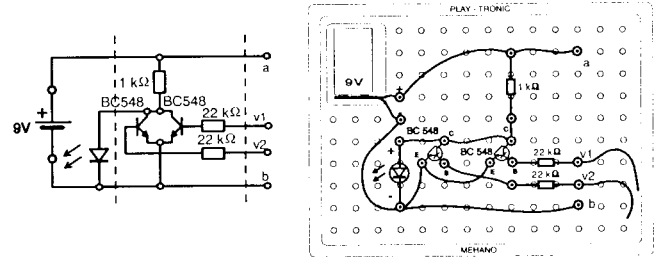


Fig. 73

74. "ET NIE" LOGIQUE (NAND)

Essayez de vous rappeler le tableau de vérité pour le circuit AND. Vous savez que le tableau de vérité de ce circuit affiche les états de sortie opposés.

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Dans ce circuit nous pouvons observer les deux interrupteurs de transistor reliés simultanément. Si vous touchez des fils venant des deux entrées, le pôle positif de la batterie, le courant passera dans les bases

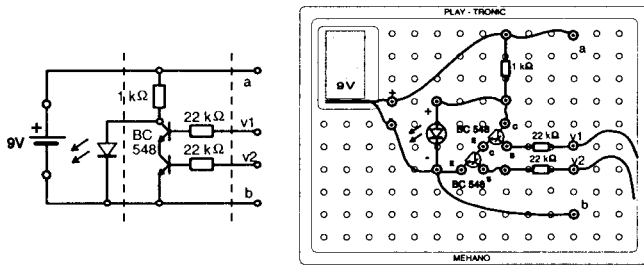


Fig. 74

des deux transistors et les transistors s'ouvriront. La diode reliée en parallèle a une faible résistance et ne s'allume pas. Si un des transistors ou tous les deux sont fermés, la résistance est trop forte et le courant ne peut pas les parcourir. La tension dans la diode sera insuffisante pour qu'elle s'allume.

75. NAND LOGIQUE CONSTRUIT A PARTIR DE AND ET NOT

Nous avons déjà dit qu'on pouvait toujours utiliser l'inverseur pour renverser le sens du signal. Cela nous permet d'obtenir le même résultat avec le circuit NAND qu'avec le circuit AND muni d'un inverseur.

Si nous avons besoin seulement de la fonction NAND, nous utiliserons le circuit déjà décrit parce qu'il nécessite moins d'éléments que celui-ci. Si, pour une raison quelconque, nous avons besoin des fonctions AND et NAND simultanément, nous ne devons pas assembler les deux circuits, il suffira de raccorder le circuit AND à l'inverseur. Ce circuit sera un peu plus simple. Pour construire les circuits complexes, les constructeurs tiennent bien compte de ces "détails" pour diminuer les coûts et réduire leurs dimensions.

Supposons que nous ayons besoin des fonctions AND et NAND. Nous obtenons le tableau de vérité suivant:

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE AND	SORTIE NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

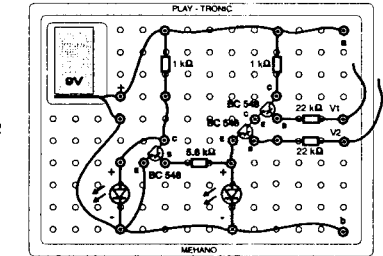
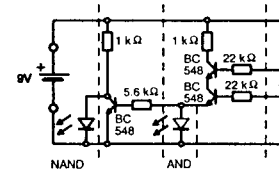


Fig. 75

76. "NOR" LOGIQUE CONSTRUIT A PARTIR DE "OR" ET "NOT"

Juste comme nous avons fait le circuit logique NAND au moyen des circuits AND et NOT, nous pouvons construire le circuit logique NOR à partir des circuits OR et NOT. Nous avons ici deux sorties: OR et NOR. Le tableau de vérité est le suivant:

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE OR	SORTIE NOR
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

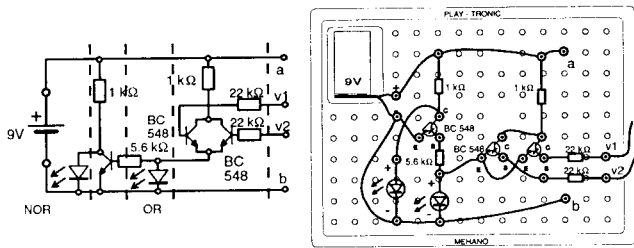


Fig. 76

77. UN EXEMPLE D'INTEGRATION DES FONCTIONS LOGIQUES

Supposons que nous ayons assemblé le circuit ci-dessous. Le circuit est construit de manière que dans le circuit logique OR le sens d'un signaux d'entrée soit renversé. Quel sera le tableau de vérité de l'ensemble du circuit?

Le tableau de vérité du circuit OR est déjà connu. Elargissons-le dans la mesure où cela nous permettra de déterminer le signal de sortie de l'inverseur par rapport à l'entrée 1 OR. Ensuite nous pourrons établir le tableau de vérité du signal à la sortie de l'inverseur et le signal à l'entrée 2 par rapport au tableau de vérité du circuit OR. Nous obtiendrons le tableau de vérité suivant:

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE INV.	SORTIE CIRCUIT
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1

Le tableau de vérité pour l'ensemble de circuit sera le suivant:

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Le circuit ci-dessus est très simple. Imaginez que pour les circuits plus complexes il faut aussi des circuits logiques plus compliqués.

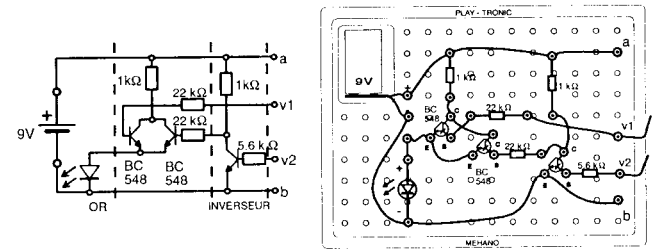


Fig. 77

78. CIRCUIT LOGIQUE BISTABLE

Souvenez-vous encore des deux inverseurs reliés en série? Le signal à la sortie du circuit était identique à celui d'entrée. Si c'est le cas, nous pourrions relier l'entrée et la sortie du circuit. Cela permettra de maintenir l'état de signaux stable.

Insérons deux diodes lumineuses dans le circuit et relierons-le aux deux résistances de 1 kΩ chacune, entre le pôle positif de la batterie et les collecteurs de transistor. Si nous recomposons le schéma en sorte que les bases de transistor soient tournées l'une vers l'autre, nous obtenons le schéma de circuit ci-dessous. Nous voyons que dans le schéma la base d'un transistor est raccordée, par une résistance, au collecteur de l'autre. Qu'est-ce qui se passe quand nous raccordons le circuit à la tension de la batterie? Même si de l'aspect, la partie gauche soit égale à celle de droite, elle ne l'est pas. Les transistors sont de même type, mais ils ne sont pas identiques. Cela vaut aussi pour les résistances supposées avoir la même résistance. Les résistances qui ont une même valeur déclarée, ne sont jamais tout-à-fait les mêmes. Pour cette raison, nous ne pouvons jamais être sûrs

quel transistor sera ouvert et lequel fermé. Marquons le transistor gauche par T1 et le droit par T2, où T1 est ouvert quand le circuit est relié à la batterie. Pour cette raison, le transistor aura une très faible résistance. Le collecteur de transistor est la sortie de diviseur de tension, constitué de transistor T1 et la résistance entre son collecteur et la borne positive de la batterie. La résistance de la diode dans notre cas est négligeable. Comme la résistance de transistor T1 est très faible, la résistance à la sortie de diviseur sera aussi très faible. Cette faible résistance ne permettra pas au courant de passer dans la base de transistor T2, qui est donc fermé et fournit, de ce fait, une grande résistance.

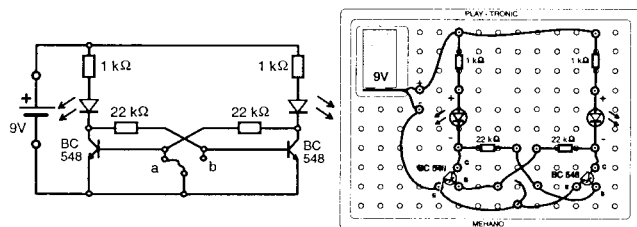


Fig. 78

Dans la partie droite du circuit, le transistor T2 et la résistance (de même que la diode lumineuse, que nous pouvons négliger dans cette expérience), entre son collecteur et la borne positive de la batterie constituent le diviseur de tension, dont la sortie est au collecteur du T2. Comme le transistor T2 est fermé et fournit une grande résistance, il se crée une grande tension entre l'émetteur et le collecteur. Le courant passera dans la base de transistor T1 et le maintiendra ouvert. En bref, nous avons un circuit clos, dans lesquels le transistor T1, qui est ouvert, tient l'autre T2 fermé et, bien entendu, le T2 qui est fermé permet à T1 de rester ouvert. L'état de ce circuit est stable et si nous voulons le changer, nous pouvons le faire seulement par une impulsion extérieure.

Si nous raccordons, pour un court moment, la base de transistor, qui est ouvert, à l'émetteur, le courant ne passera plus dans la base et le transistor sera fermé en ce moment. La tension dans son collecteur monte, le courant passe dans la base de l'autre transistor, qui reste donc ouvert, dû à la situation décrite. Si nous voulons renverser l'état dans le circuit, nous devons raccorder pour un bref moment la base de transistor au pôle négatif de la batterie.

Assemblons le circuit décrit ci-dessous. Quand vous reliez le circuit à la batterie, une des diodes s'allume et l'autre non. Au moyend'un fil, relié à la borne négative de la batterie, touchons alternativement les brides a et b. Dans une position, la diode gauche s'allume et dans l'autre, la diode droite. Quand vous touchez du fil la base de transistor, qui est actuellement ouvert (la diode, reliée à son collecteur, s'allume), sa diode s'éteint et la diode près de l'autre transistor commence à s'allumer.

Nous avons changé l'état dans le circuit par une impulsion extérieure. En intervenant de l'extérieur, nous avons déclenché le processus de changement d'état de circuit, que nous appelons "triggering" (déclenchement). Dans notre cas, le déclenchement s'est fait au moment où la base de transistor ouvert a été reliée à la borne négative.

Les circuits qui ont une structure similaire à celle que nous avons décrit, s'appellent multivibrateurs. Le circuit décrit possède deux états différents, mais équivalents l'un par rapport à l'autre. Pour cette raison, on l'appelle circuit "bistable". Ce circuit est un multivibrateur bistable.

Un multivibrateur bistable peut être très bien utilisé pour contrôler les appareils avec deux interrupteurs, où un interrupteur sert pour mettre l'appareil en marche, et l'autre pour arrêter sa marche. Vous avez probablement rencontré ces appareils. Dans le cas qui nous intéresse, nous pourrions simplement insérer deux boutons entre la bride a et le pôle négatif de la batterie, de même qu'entre le pôle négatif et la bride b. La résistance de 1 kΩ et la diode lumineuse peuvent être remplacées par un relais qui mettra l'appareil en marche.

79. UN AUTRE MODE DE DECLENCHER LE MULTIVIBREUR BISTABLE

Il existe encore un mode de déclencher le changement d'état d'un multivibreur bistable. Dans ce cas, le circuit est très semblable au précédent.

La seule différence consiste en mécanisme de déclenchement de changement. Le déclat est fait au moment où par une impulsion extérieure, nous fermons le transistor qui était ouvert, ou nous ouvrons le transistor que était ferme. Touchez le transistor fermé d'un fil, sa diode ne s'allume pas. Cela provoque un court-circuit. Le courant ne passe plus dans la base de l'autre transistor et celui-ci se ferme, inversant l'état de circuit.

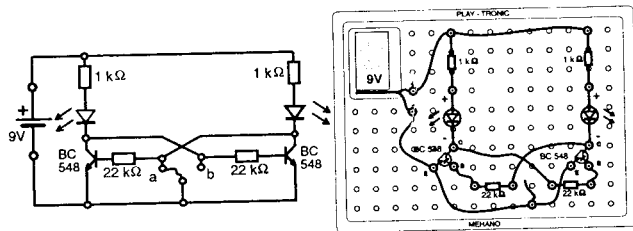


Fig. 79

80. DECLENCHEMENT DU MULTIVIBREUR BISTABLE PAR LE COURANT PASSANT DANS LA BASE

Nous pouvons changer l'état de circuit en envoyant du courant venant de la borne positive de la batterie à travers la résistance, dans la base de transistor qui est actuellement fermé. Sous cette action, le transistor s'ouvre et l'état de circuit est renversé.

Ici nous avons décrit trois modes différents de changement d'états dans le circuit. Tous ces modes sont également efficaces. Lequel parmi eux sera appliqué dépend de la manière dont nous voulons utiliser le circuit.

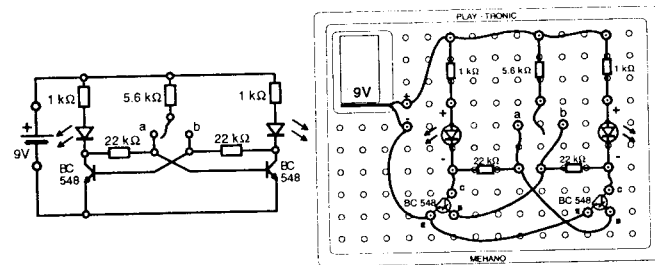


Fig 80

81. MULTIVIBREUR BISTABLE ET LES TOUCHES DE DETECTEUR DE SIGNAL

Dans cette expérience, nous pouvons basculer le multivibreur bistable, en condensant du courant dans la base de transistor directement de la borne positive de la batterie.

Nous pouvons le faire aussi au moyen des touches de détecteur de signal. N'oubliez pas que la peau du doigt possède une certaine résistance. Placez deux brides de ressort connectée au pôle positif de la batterie entre les brides de ressort a et b. Si vous touchez du doigt les brides du ressort a ou b et les brides insérées, l'état de multivibreur change. Les diodes rouge et verte pourraient facilement représenter les positions "marche" et "arrêt".

Entre le pôle positif de la batterie et la bride de détecteur de signal moyenne nous avons inséré une résistance. Elle est là pour empêcher le

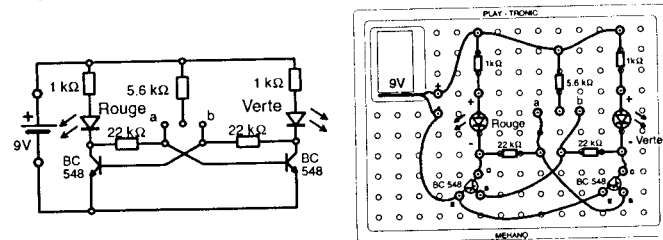


Fig. 81

courant trop fort de passer dans la base de transistor, ce qui pourrait endommager ce dernier.

Si le circuit ne change pas son état malgré le fait que nous touchions les touches de détecteur de signal, essayons de toucher celui-ci de notre doigt légèrement mouillé.

82. CIRCUIT A MEMOIRE

Les multivibreurs bistables dans les ordinateurs peuvent être utilisés comme circuits à mémoire. L'état de circuit est très simple et ne change pas tant qu'un mouvement extérieur n'aura pas provoqué le changement. Si le circuit à mémoire était construit comme multivibreur bistable décrit ci-dessus, nous risquons d'avoir quelques problèmes. Dans un multivibreur bistable nous ignorons en quel état il était quand il était raccordé à la tension. Cela veut dire que dans la mémoire de l'ordinateur il y'a quelque chose dont on ne saurait jamais exactement dire ce que c'est.

Si le condensateur est déchargé, le courant le parcourt, et il commence à se charger lentement. Le condensateur déchargé est sans tension. La tension à ses prises commence à monter au moment où il se charge. Le condensateur serait certainement déchargé s'il n'était pas relié à la tension.

Dans le multivibreur bistable plaçons le condensateur entre la base et l'émetteur de transistor. Quand nous raccordons le circuit à la batterie, le condensateur déchargé assure que le courant qui se serait certainement dirigé dans la base de transistor, passe dans le condensateur. Même

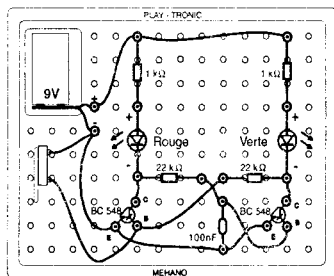
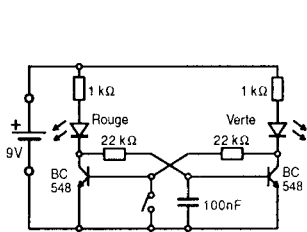


Fig. 82

si le circuit était prédisposé à garder le transistor ouvert, le condensateur ne l'aurait pas permis.

En conséquence, le deuxième transistor est donc ouvert. Pour cette raison, quand vous reliez le multivibreur à la batterie la diode rouge s'allume toujours. Appuyez sur le bouton. La base de transistor gauche est brièvement reliée au pôle négatif et le transistor gauche est fermé. La diode lumineuse rouge s'éteint, et la diode verte commence à allumer. Cet état reste stable tant qu'on n'aura pas débranché la batterie. Si on veut modifier l'état pendant que le circuit est relié, il faut déclencher le multivibreur, ce qui fermera le transistor droit. Vous pouvez le faire si vous court-circuitez le condensateur pour le moment.

83 MULTIVIBREUR BISTABLE COMME DIVISEUR BINAIRE

N'oubliez pas que vous pouvez changer l'état de multivibreur bistable si vous court-circuitez pour l'instant le collecteur ouvert avec la borne négative. La tension de collecteur de transistor ouvert est beaucoup plus faible que celle de collecteur de transistor fermé. Cela pourrait provoquer qu'un courant plus fort commence à parcourir le collecteur de transistor fermé, passant vers le pôle négatif, à travers un fil inséré en parallèle.

Pour alterner l'état de multivibreur bistable, nous ne devons pas court-circuiter les deux transistors simultanément, sinon cela nous ramènerait à l'état semblable à celui où le circuit était relié à la batterie. Nous savons que la diode, reliée de manière à ce que le courant puisse la traverser, fournit de la petite résistance. La particularité du fonctionnement de la diode fait que, lorsque la résistance est zéro, la tension est d'environ 0,6V. Nous savons de même que la résistance de transistor ouvert est très faible. Entre le collecteur et l'émetteur de transistor la tension est encore plus faible, et ne dépasse quelques dixièmes de volt. Si dans le transistor ouvert, nous relierions une diode entre le collecteur et l'émetteur, l'état de circuit n'en sera pas altéré, parce que le courant continue de passer dans le transistor ouvert, dont la résistance est plus faible.

Revenons maintenant à notre circuit. Deux diodes, reliées au moyen des cathodes, sont raccordées aux collecteurs des deux transistors.

Une de ces diodes est lumineuse. Appuyez plusieurs fois sur l'interrupteur. L'état de multivibreur alterne chaque fois que vous appuyez sur l'interrupteur. Quand le bouton de l'interrupteur est enfoncé, le courant passe du collecteur de transistor à travers la diode dans la borne négative de la batterie. Le courant passe seulement par la diode reliée au collecteur de transistor fermé. Quand le transistor est ouvert, la tension entre le collecteur et l'émetteur est plus faible que la tension nécessaire pour permettre au courant de traverser la diode ou la diode lumineuse. Pour cette raison, la pression sur l'interrupteur affecte toujours le circuit de manière que le transistor qui était ouvert se ferme et vice-versa.

Quand on appuie sur l'interrupteur, on peut voir que c'est d'abord la diode droite qui s'allume et ensuite celle qui est à gauche.

La même diode s'allume à chaque deuxième pression sur l'interrupteur. Si on comptait le nombre de fois qu'une des diodes s'était

allumée, on obtiendrait un numéro deux fois inférieur au nombre de pression sur l'interrupteur. Ce circuit peut donc nous permettre de diviser par deux. Le signal de sortie de ce circuit pourrait être utilisé pour contrôler l'entrée de circuit suivant, et nous obtiendrons un circuit permettant de diviser par 4. En reliant ces circuits en file, nous pourrions obtenir un circuit pour diviser par 2,4,8,16,32,etc.

Le circuit pour diviser par 2 est élément de base de tous les circuits de division. Utilisant les circuits de division par 2 et les circuits logiques, nous pourrions assembler un circuit permettant de diviser par quel que nombre que ce soit.

Deux condensateurs électrolytiques sont reliés aux bases de transistors en parallèle par rapport aux résistances. Les condensateurs assurent que l'état alterne même à la moindre pression sur l'interrupteur.

Quand l'interrupteur est appuyé, la diode rouge s'allume pour le moment. Cela pourrait signaler que l'état de circuit change. Nous pouvons également utiliser une diode normale, mais notre boîte d'expériences contient deux diodes normales et trois diodes lumineuses.

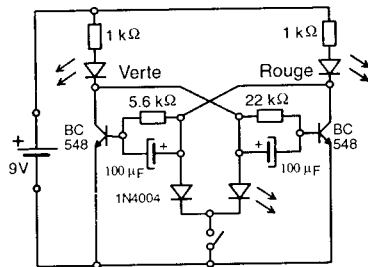
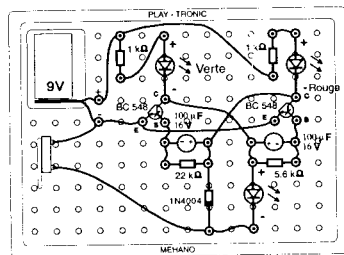


Fig. 83

84. ALLUMAGE ET EXTINCTION DE LA LUMIERE PAR UNE TOUCHE

Le circuit de division par 2 peut être aussi utilisé à des fins qui n'ont rien à voir avec les ordinateurs. Un bon exemple en est un circuit au moyen duquel nous pouvons brancher et débrancher un appareil, juste en appuyant sur un bouton.

Dans notre exemple, nous montrons comment l'ampoule peut s'allumer et éteindre par une pression sur le bouton. La diode lumineuse signale que le bouton de contrôle est enfoncé.

A la place de l'ampoule, nous pouvons raccorder au circuit un relais, qui ensuite ferait brancher ou débrancher un appareil plus fort, comme p.e. moteur du ventilateur, ou une multitude d'ampoules sur un stade...

85. MULTIVIBREUR MONOSTABLE

Le multivibreur monostable est un circuit avec uniquement un état stable. Si l'état change sous l'effet d'une impulsion extérieure, le cir-

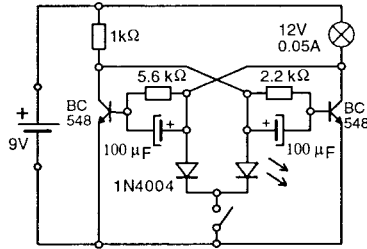
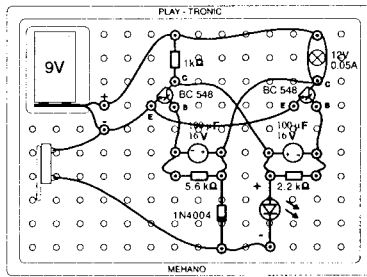


Fig. 84

cuit revient en état stable après un certain temps.

Quand vous reliez le circuit à la tension, la diode verte s'allume. Le transistor droit fournit une grande résistance et entre le collecteur et l'émetteur s'établit une grande résistance.

Comme la tension dans la base de transistor gauche est petite, le condensateur électrolytique est chargé.

Appuyez pour le moment sur la touche. La base de transistor gauche sera brièvement connectée à l'émetteur, le courant ne passe plus dans la base, et le transistor se ferme. Cela provoque une augmentation de tension dans le collecteur de ce transistor, et le courant peut se déplacer dans la base de transistor droit. L'état de multivibreur change. Le transistor droit fournit actuellement une très faible résistance et la prise positive de collecteur est reliée par celui-ci au pôle négatif de la

batterie. Maintenant le courant passe depuis la borne positive de la batterie dans le condensateur à travers la résistance de 100 kΩ et commence à le charger. Pour cette raison, la tension à la bride négative de condensateur monte jusqu'à atteindre le niveau suffisant pour permettre au courant de passer dans la base de transistor gauche. Le transistor gauche s'ouvre et l'état de multivibreur se remet en état initial.

Le multivibreur monostable peut donc être utilisé pour brancher (si vous utilisez le transistor droit) ou débrancher (si vous utilisez le transistor gauche) brièvement. C'est vrai que nous avons déjà assemblé des circuits pouvant assurer la même chose mais d'une manière plus simple. L'avantage de ces circuits avec multivibreur monostable par rapport à ceux qui pour leur fonctionnement utilisent les chargements et les déchargeages du condensateur, consiste dans le fait qu'ici la tension à la sortie change brusquement. La diode lumineuse s'allume juste pour le moment et s'éteint ensuite. Dans les circuits décrits préalablement, la tension changeait lentement. Si vous vous rappelez encore ces circuits, la diode lumineuse s'allumait ou s'éteignait lentement.

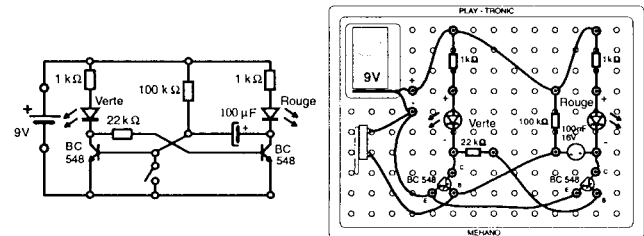


Fig. 85

86. DECLENCHEMENT DU MULTIVIBREUR MONOSTABLE AU MOYEN DU COLLECTEUR

De la même manière que pour les multivibrateurs stables, il y'a plusieurs possibilités de déclencher un multivibrateur monostable. Dans le cas qui nous occupe ici, le déclenchement est fait dans le collecteur de transistor droit. A l'état normal, le transistor est fermé. Pour cette raison, son collecteur fournit une grande tension. Comme la tension de la base de transistor ne peut pas être supérieure à 0,6 V, le condensateur électrolytique se charge.

Quand vous appuyez sur la touche, le collecteur de transistor droit se relie brièvement au pôle négatif. L'électrode positive du condensateur électrolytique est reliée au pôle négatif. Comme le condensateur est chargé, la prise de condensateur est actuellement sur le pôle négatif et le transistor gauche se ferme instantanément. Maintenant le courant commence à parcourir le condensateur à travers la résistance de 100 kΩ.

Lorsque la tension sur la prise de condensateur sera suffisamment haute pour permettre au courant de passer dans la base de transistor gauche, le multivibrateur alterne son état, qui reste stable cette fois.

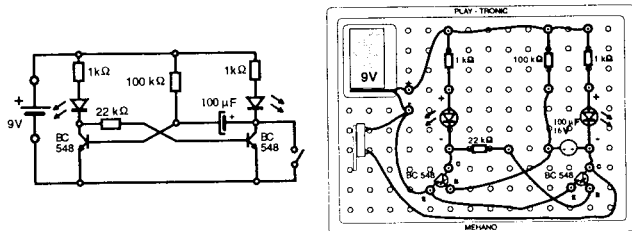


Fig. 86

87. DECLENCHEMENT DU MULTIVIBREUR MONOSTABLE PAR LE COURANT PASSANT DANS LA BASE

Nous pouvons obtenir le même effet que celui que nous avons produit en connectant brièvement le collecteur de transistor droit au pôle négatif, si nous ouvrons le transistor droit. Cela peut être fait au moyen d'un courant supplémentaire passant dans la base de ce tran-

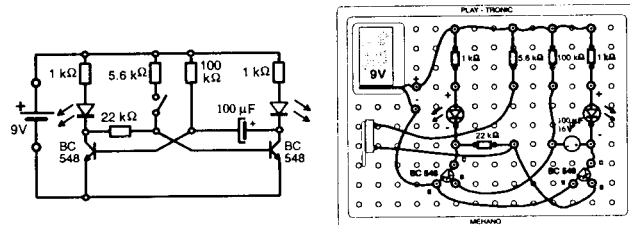


Fig. 87

sistor. Le courant passe dans la base de transistor droit, qui est fermé, à travers la résistance de 22 kΩ. Comme dans le cas du multivibrateur stable, quand il s'agit du multivibrateur monostable, nous avons aussi trois modes de déclenchement du circuit. Lequel de ces trois sera appliqué dépend de l'impulsion extérieure que nous aurons choisie. Dans le multivibrateur monostable les trois modes de déclenchement ne sont pas équivalents. Dans le premier cas, où nous connectons brièvement le pôle négatif et la base de transistor ouvert, le condensateur se décharge beaucoup moins que dans les deux autres cas. La tension entre la base et l'émetteur de transistor ouvert est de 0,6 V. Quand nous appuyons sur la touche, la tension aux contacts du condensateur change seulement de 0,6 V. Dans le cas où nous faisons jouer un dédic à partir du collecteur ou la base de transistor, qui est fermé en son état stable, le condensateur se décharge complètement. En conséquence, le circuit mettra plus de temps pour se remettre en son état stable.

88. VOYANT SONORE

Le multivibrateur monostable peut aussi être déclenché au moyen d'un élément extérieur, sans avoir à appuyer sur une touche. Dans l'exemple décrit ci-dessous, le multivibrateur monostable est déclenché par un signal, venant du haut-parleur, utilisé comme microphone. Ce circuit peut être utilisé p.e. pour déclencher un signal d'alarme ou l'allumage des lumières dans une discothèque. Un condensateur électrolytique est relié au haut-parleur en série, empêchant le courant continu de passer dans le haut-parleur, sans pour autant présenter d'obstacle pour le déplacement de courant

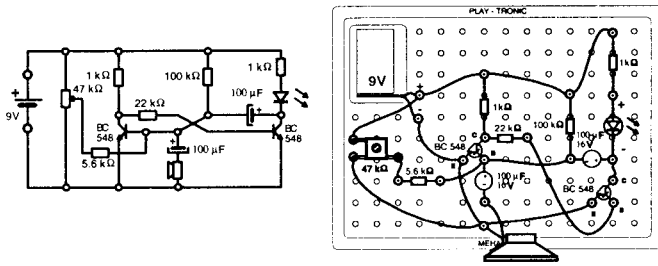


Fig. 88

alternatif. Le circuit ressemble beaucoup à celui assemblé dans l'expérience précédente. Un potentiomètre est ajouté dans le circuit. Au moyen de ce potentiomètre vous pouvez régler la sensibilité du circuit. Plus proche est le curseur de la borne positive de la batterie, moins sensible est le circuit.

Quand nous aurons assemblé le circuit et l'aurons relié à la batterie, il nous restera à le régler. Si la diode lumineuse s'allume, faites tourner le potentiomètre jusqu'à ce que la diode n'arrête pas d'allumer. Ensuite faites tourner le potentiomètre jusqu'à ce que la diode ne se remette à allumer.

Attendez qu'elle s'éteigne. Si elle ne s'éteint pas, faites tourner le potentiomètre légèrement en arrière. La diode arrête d'allumer. Soufflez dans le haut-parleur ou tapotez légèrement de votre doigt sur la membrane. La diode s'allume pour quelques secondes.

89. REGULATEUR DE LUMIERE

Nous avons déjà dit qu'on pouvait utiliser le transistor comme résistance réglable, et que sa valeur dépendrait du courant passant dans la base. Cette caractéristique peut être utilisée pour changer la tension, p.e. dans un convertisseur.

Au moyen du potentiomètre placé dans la partie inférieure du circuit, nous pouvons régler la tension entre l'émetteur et la borne négative de la batterie. La direction base - émetteur de transistor travaille

comme diode, tournée depuis la base vers l'émetteur. Si le transistor est ouvert, le courant peut le parcourir. La tension sur la diode, tournée dans la direction du courant, est de 0,6 V. Dans le transistor ouvert, la tension entre la base et l'émetteur est également de 0,6 V. S'il y'a une tension entre la base de transistor et le pôle négatif de la batterie, la tension entre l'émetteur et le pôle négatif de la batterie est diminuée de 0,6 V. Si vous faites tourner le potentiomètre dans le circuit inférieur, la tension varie entre 0 V et 9 V. En même temps, la tension entre l'émetteur et la borne négative de la batterie est inférieure de 0,6 V à celle dans le curseur du potentiomètre. Le potentiomètre fournit une assez grande résistance et le courant qui y passe n'est pas fort. Le courant beaucoup plus fort peut passer dans le transistor, mais ce courant est déterminé par les éléments reliés à l'émetteur et la borne négative de la batterie.

Dans notre expérience, entre l'émetteur et la borne négative de la batterie sont reliés la résistance de 1 kΩ et la diode lumineuse. Prenez un bout de fil et insérez encore une résistance et une diode lumineuse à une certaine distance de la première diode. Quand vous branchez la diode lumineuse au moyen de la touche, l'intensité de lumière dans la première diode ne varie pas. Cela veut dire que la tension entre l'émetteur et la borne négative de la batterie n'a pas varié. Comme actuellement un courant plus fort parcourt le transistor (deux diodes s'allument), et que la tension entre le collecteur et l'émetteur n'a pas varié, cela signifie que la résistance de transistor a dû baisser.

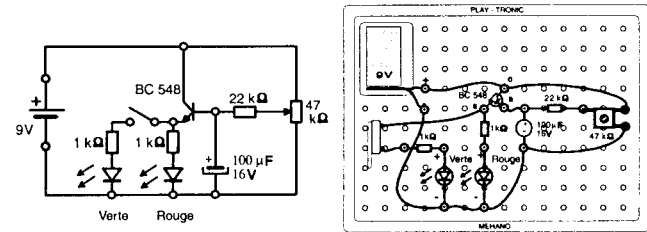


Fig. 89

Si à la place du transistor nous avons la résistance normale, la liaison de la deuxième diode lumineuse provoquerait un courant plus fort de passer dans cette résistance. Comme le courant est plus fort, la tension fournie par la résistance sera plus grande, et la tension de la diode lumineuse baissera un peu. La liaison de l'autre diode lumineuse ferait diminuer l'intensité de la première diode lumineuse. Ce circuit peut servir pour régler la tension. Un circuit, dont le collecteur est relié à la borne positive de la batterie, et qu'entre l'émetteur et le pôle négatif, il y'a d'autres éléments (p.e. ampoule), on appelle émetteur traceur. C'est un nom bien adéquat, parce que la tension dans l'émetteur suit les variations de la tension dans la base, et elle est toujours inférieure de 0,6 V de celle-ci. Un bon exemple d'application de ce circuit est régulateur d'intensité de lumière.

90. INTERRUPTEUR ELECTRIQUE AVEC HYSTERESIS

Assemblons le circuit décrit ci-dessous. Faisons tourner le potentiomètre à gauche et à droite et observons dans quelle position du potentiomètre la diode lumineuse commence à s'éteindre ou à s'allumer. Nous verrons que ces positions sont différentes. Pour que la diode lumineuse s'allume, la tension sur le curseur du potentiomètre doit être largement supérieure à celle à laquelle la diode s'éteint.

Comme la tension de curseur du potentiomètre, permettant à la diode de s'allumer, est beaucoup plus haute que celle à laquelle la diode s'éteint, nous pouvons marquer ces deux points sur le potentiomètre. Quand nous faisons tourner le potentiomètre dans un sens, le circuit ne travaille pas de la même manière que quand nous tournons le potentiomètre dans le sens opposé. Ce phénomène, où les changements qui se produisent dans un sens différent de ceux se produisant dans l'autre, s'appelle hystérésis ou hystèrese. Pour cette raison, nous appelons ce circuit interrupteur avec hystérésis.

Supposons que le curseur du potentiomètre se trouve en position où il touche la bride reliée à la borne négative de la batterie. Le courant

ne passe pas dans la base de transistor droit et il est fermé. La tension dans le transistor gauche est haute. Le courant le parcourt en passant à travers une résistance de 5,6 k Ω , et le transistor est ouvert. La diode lumineuse s'allume.

Si vous faites tourner le potentiomètre en sorte que la tension de curseur monte, le courant passant dans la base de transistor droit commencera également à s'élever et sa résistance commence à diminuer. Le courant parcourant la base de transistor gauche sera moins fort. Le courant passant dans le transistor gauche commence donc à baisser rapidement, beaucoup plus rapidement que le courant dans le transistor droit n'augmente. Ce courant passe par la résistance que se partagent les émetteurs des deux transistors. Comme le courant traversant le transistor droit augmente plus lentement et que l'autre passant par le transistor gauche baisse plus rapidement, le courant total parcourant la résistance a baissé de même que la tension. Le même effet se produirait si on connectait brièvement l'émetteur de transistor droit au pôle négatif de la batterie. Comme la tension de curseur du potentiomètre n'a pas varié le transistor droit s'ouvrira instantanément, le transistor gauche restera fermé et la diode lumineuse ne s'allumera pas. Si vous faisiez tourner l'axe du potentiomètre dans le sens opposé, tout le processus se reproduirait dans le sens opposé.

Ce circuit est dénommé par les spécialistes Schmitt trigger (trigger, en anglais déclencheur) ou limiteur de Schmitt.

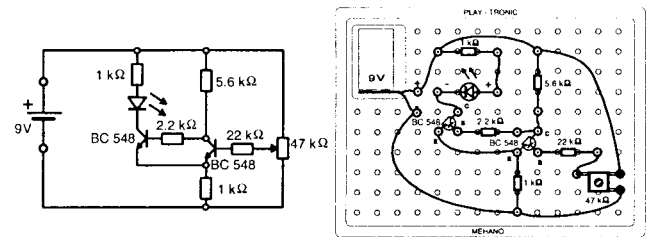


Fig. 90

91. LUMIERE PULSANTE

Dans ce circuit nous utilisons le mécanisme de déclenchement, Schmitt trigger. Quand un courant fort passe dans le circuit, celui-ci fournit une faible résistance et inversement.

Lorsque nous relierons le circuit décrit dans le schéma, à la batterie, l'ampoule ne s'allume plus.

Au début, le condensateur électrolytique est déchargé. A travers le condensateur déchargé le courant passe dans la base. En même temps, le condensateur commence à se charger et la tension augmente sur ses brides. Cela signifie que la tension entre la base et l'émetteur diminue. A un certain point, la tension dans la base sera tellement basse que le transistor se ferme. Cela déclenche le processus que nous connaissons déjà et qui a été décrit comme interrupteur de hystérésis ou limiteur de Schmitt. L'autre transistor s'ouvre et le courant commence à passer dans l'ampoule. Ce courant passe aussi dans la résistance de $56\text{ k}\Omega$. Cela envoie de la tension sur ses contacts. Cela veut dire aussi que la tension entre la base de premier transistor et la borne positive de la batterie diminue. Le condensateur électrolytique se recharge maintenant à travers le réducteur de $1\text{ k}\Omega$ et la résistance réglable. Quand cette tension est suffisamment basse (c'est-à-dire lorsque la tension entre la base et l'émetteur de premier transistor est suffisamment haute), le premier transistor s'ouvre et le changement décrit est déclenché. L'ampoule s'allume.

Au moyen de la résistance variable de $47\text{ k}\Omega$, il est possible de régler

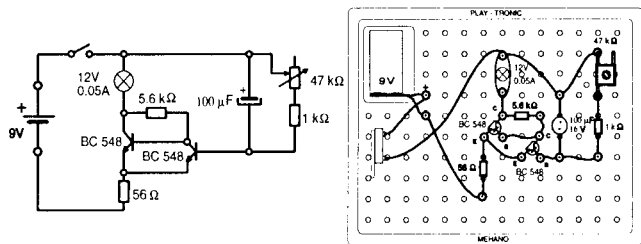


Fig. 91

la vitesse de déchargement du condensateur. Ceci voulant également dire que la fréquence de fonctionnement pour l'ensemble du circuit peut être réglée à l'aide de la résistance variable.

92. REGLAGE DU REFRIGERATEUR

Rappelons-nous le voyant de température décrit dans ce manuel. Un interrupteur semblable pourrait être utilisé pour régler le réfrigérateur. Le problème consiste seulement dans le fait que dans le circuit décrit, le branchement et le débranchement du moteur de réfrigérateur se produisait presque à la même température. Sous cet effet le moteur de réfrigérateur serait trop souvent branché et débranché, ce qui n'est pas bon pour le moteur.

Dans notre circuit, nous avons assemblé deux circuits: le voyant de température et l'interrupteur électrique avec hystérésis.

Faites tourner l'axe du potentiomètre en sorte que la diode verte scintille faiblement. La diode rouge est éteinte. Touchez de vos doigts la thermistance ou soufflez-y délicatement votre haleine chaude.

La diode verte s'allume de plus en plus fort et à un moment la diode rouge commencera également à allumer.

Laissons la thermistance se refroidir ou soufflons-y pour la refroidir plus vite.

La lumière de la diode verte décline et la diode rouge s'éteint complètement.

Le réglage de l'axe du potentiomètre permet de contrôler la température à laquelle se produit toute cette opération. La diode verte

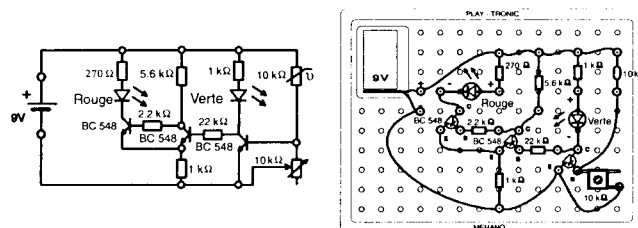


Fig. 92

signale par l'intensité de son illumination quand la température commence à augmenter. A la place de la diode rouge, on peut installer le relais qui mettra le moteur de réfrigérateur en marche.

Dû à la hystérésis, le moteur de réfrigérateur marche à une température un peu plus haute que celle à laquelle se produit son débranchement, ce qui est exactement ce que nous avons souhaité.

Si vous écoutez chez vous le bruit du moteur de votre réfrigérateur, vous verrez qu'il marche pour un certain temps, après quoi il s'arrête. Cela fait que la température dans le réfrigérateur diminue de quelques degrés. Quand la température du réfrigérateur monte un peu, le moteur se remet en marche.

93. ECLAIRAGE D'ESCALIER

Dans ce circuit, nous utilisons le mécanisme de déclenchement, Schmitt trigger. Pourquoi ce circuit est-il meilleur de celui que nous avons utilisé pour brancher brièvement les appareils? Dans le cas précédent, la tension a la sortie baissait lentement, pour baisser brusquement. Pour cette raison, la diode lumineuse s'allume et garde la même intensité d'illumination tant qu'elle est reliée.

Dans l'expérience précédente, nous avons utilisé le potentiomètre pour vérifier le fonctionnement du circuit. Dans l'expérience qui nous intéresse, le condensateur électrolytique se trouve à l'entrée de circuit, chargé à travers la résistance de 100 kΩ. Lorsque le conden-

sateur est chargé, le transistor droit s'ouvre et le circuit est déconnecté. Appuyez sur l'interrupteur. Le transistor droit se ferme instantanément et la diode lumineuse s'allume.

Le condensateur commence à se charger lentement. Comme la tension dans ses brides monte, le courant passant dans la base du premier transistor commence à monter aussi. Cela déclenche les événements déjà décrits dans l'expérience précédente. Après un certain temps, l'état change et la diode lumineuse s'éteint.

94. MULTIVIBREUR SYMETRIQUE ASTABLE

On a besoin quelquefois d'un signal permettant à deux lumières de s'allumer alternativement. Un bon exemple en est la signalisation lumineuse des passages à niveau des routes ou des chemins de fer.

Le circuit décrit ci-dessous nous montre comment on peut faire cela. On appelle ce circuit multivibreux astable.

Comment ce circuit travaille-t-il? Pour simplifier la description, les résistances sont indiquées par R1, R2, R3, R4, les condensateurs par C1 et C2, les transistors par T1 et T2, les diodes lumineuses par D1 et D2. Pour bien comprendre l'explication, consultez soigneusement le schéma.

Supposons que le circuit soit relié à la source d'énergie. La partie gauche du schéma est identique à celle à droite, mais en pratique il n'existe pas deux éléments qui soient tout à fait identiques. Supposons donc que, quand nous relierons le circuit à la tension de la batterie, les courants se divisent en sorte que le courant plus fort passe dans la base de transistor T1 et celui moins fort traverse la base de l'autre transistor, T2. Cela fait que le transistor T1 est ouvert. La tension entre le collecteur et l'émetteur T1 est très faible. La diode gauche s'allume. Le courant passe par la résistance R2, qui charge le condensateur électrolytique C1. En même temps, le transistor T2 sera fermé et nous pouvons supposer que, pour l'instant, il soit inexistant dans le circuit. Le contact droit de condensateur C2 est connecté au pôle positif de la batterie par la résistance R4 et la diode, tandis que le contact gauche est connecté à la base de transistor T1. Cela permet

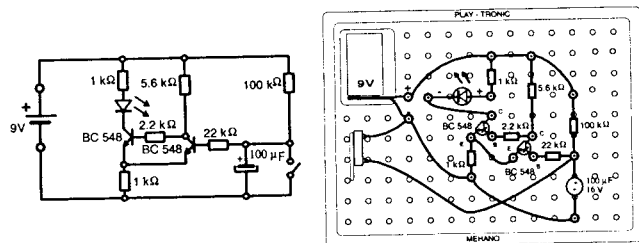


Fig. 93

au condensateur C2 de se charger, et la tension positive est envoyée ainsi sur la partie droite du condensateur.

Après un certain temps, le condensateur C1 est tellement chargé que le courant passe dans la base de transistor T2. Ce transistor s'ouvre et fournit de la faible résistance. La tension entre le collecteur et l'émetteur de transistor T2 est pratiquement nulle. La tension à la bride gauche de condensateur C1 est inférieure de celle à droite.

Cette tension est actuellement tellement faible pour le transistor T1 que le courant arrête immédiatement de parcourir la base. Le transistor T1 est donc fermé, T2 est ouvert, et la diode droite s'allume. Le condensateur C2 se charge maintenant par la résistance R3 en sorte que la bride gauche devienne positive. En bref, les rôles des transistors sont inversés par rapport à ceux que les transistors assumaient dans l'expérience précédente.

Le processus se perpétue en permanence et les diodes D1 et D2 s'allument alternativement. Nous pouvons calculer approximativement combien de temps les diodes resteront allumées. La diode gauche ou D1 s'allume approximativement pour un temps calculé si-après:

$$t_1 = 0,7 \cdot C_1 \cdot R_2 ,$$

et celle à droite:

$$t_2 = 0,7 \cdot C_2 \cdot R_3$$

Si les circuits droit et gauche sont égaux, les deux diodes s'allument pour le même temps. Le schéma montre que la capacité des deux condensateurs est de 100 µF, soit 0,0001 F, la résistance des deux résistances étant de 22 kΩ ou 22000 Ω.

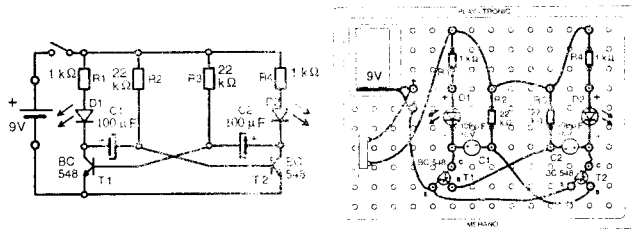


Fig. 94

Si nous utilisons l'équation pour calculer les intervalles, nous constaterons que chaque diode s'allumera approximativement pour un temps t :

$$t = 0,7 \cdot 0,0001 \cdot 22000$$

soit

$$t = 1,54 \text{ s.}$$

Chaque diode s'allumera approximativement pour une seconde et demie.

95. CHANGEMENT DE FONCTIONNEMENT DU MULTVIBREUR ASTABLE

Nous avons dit que la diode gauche et droite s'allument pour le même temps, si le circuit gauche et droite sont identiques. Supposons que les condensateurs électrolytiques soient identiques. Si nous changeons les deux résistances au milieu, le temps d'illumination des diodes change dramatiquement. Nous avons vu que les diodes s'allumeraient pour les intervalles égaux.

$$t_1 = 0,7 \cdot C \cdot R_2$$

et

$$t_2 = 0,7 \cdot C \cdot R_3$$

Si les condensateurs sont identiques, les diodes s'allument pour un temps total de :

$$t = t_1 + t_2$$

ou:

$$t = 0,7 \cdot C \cdot R_2 + 0,7 \cdot C \cdot R_3$$

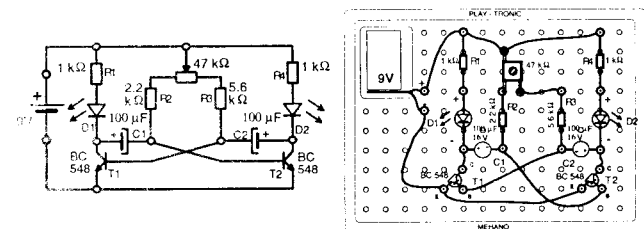


Fig. 95

98. TEMOIN DES FEUX DE L' AUTOMOBILE

Utilisant le multivibreur, nous pouvons assembler le circuit qui allume les feux clignotants de l'automobile. Comme le chauffeur doit être averti si les feux clignotants sont allumés, en général, il y'a dans la voiture un signal sonore accompagnant. Dans le circuit décrit ci-après, il y'a un haut parleur installé à cette fin. Du haut-parleur vous pouvez entendre les craquements légers suivant le rythme d'allumage des feux.

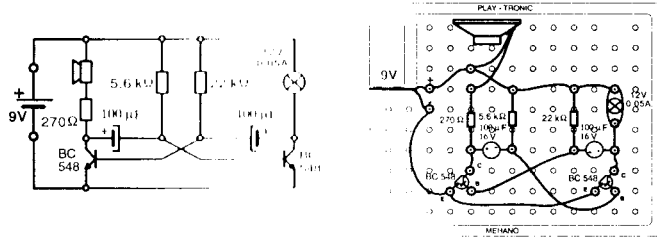


Fig. 98

99. REGLEMENT DE LA VITESSE DES ESSUI-GLACES DE LA VOITURE

Certaines voitures ont la possibilité de régler la vitesse des essui-glaces. S'il ne pleut pas très fort, c'est très pratique. S'il pleut un tout petit peu, la glace n'est pas mouillée et les essui-glaces frottent sur la surface qui est presque sèche, ce qui fait bondir les essui-glaces et elles produisent un son désagréable.

Si vous observez le fonctionnement des essui-glaces vous verrez que le temps de "passage" de la lanière de glace est bien déterminé. Pendant ce temps, le moteur des essui-glaces doit être branché.

Le temps entre deux branchements successifs peut être choisi à volonté.

Pour régler le temps entre deux branchements du moteur d'essui-glaces, nous pouvons utiliser un multivibreur astable, dans lequel nous faisons varier une des résistances moyennes.

L'autre résistance moyenne est réglée en sorte de maintenir le moteur en marche pour un temps suffisamment long qui permettra aux essui-glaces de faire le passage des glaces de droite vers la gauche. Lorsque vous faites tourner le potentiomètre à gauche et à droite, l'intervalle entre les passages des essui-glaces varie.

A la place de la diode lumineuse et la résistance de 1 kΩ, nous pouvons raccorder le relais, qui mettra le moteur des essui-glaces en marche.

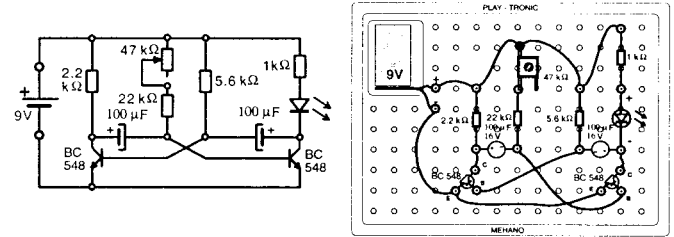


Fig. 99

100. METRONOME ELECTRONIQUE

Si vous avez joué de la musique, vous savez quelle est l'importance du rythme dans la musique. Pendant les exercices, les musiciens utilisent le métronome qui donne du rythme par son tic-tac. La vitesse de métronome doit être réglable, parce qu'il y'a quand même une différence entre une polka vivace et une valse lente.

Dans notre cas, nous avons utilisé un multivibreur pour

assembler le métronome. A la différence des métronomes classiques, ce métronome produit en même temps les signaux sonores. Nous pouvons donc l'observer et utiliser même quand la musique trop bruyante, couvre le son du métronome.

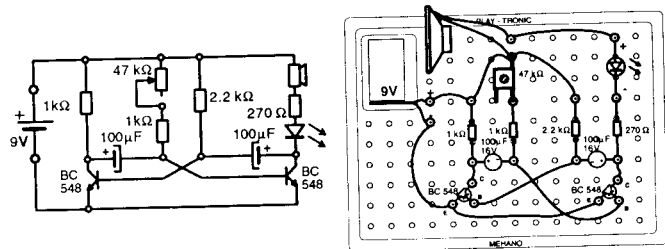


Fig. 100

101. MULTIVIBREUR ET HAUT-PARLEUR COMME BOURDONNEUR

En faisant un choix approprié, de condensateurs et de résistances, nous pouvons assembler un multivibreur qui oscille à une fréquence audible. Nous relierons le haut-parleur et la résistance raccordées en série, entre le collecteur d'un transistor et la borne positive de la batterie, entre le collecteur d'un transistor et la borne positive de la bat-

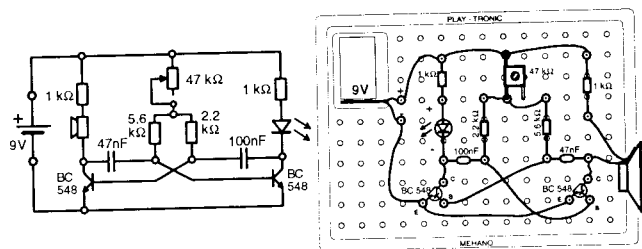


Fig. 101

terie. Si vous trouvez le son trop faible, vous pouvez remplacer la résistance de 1 kΩ par la résistance de 270 Ω. Appuyez sur le bouton. Faites tourner le potentiomètre tant que vous n'aurez pas entendu le son souhaité du haut-parleur.

102. BOURDONNEUR POUR APPRENDRE LA TELEGRAPHIE

A l'époque, la télégraphie de Morse était le seul moyen pour transmettre des messages à distance. En raison de l'importance de la télégraphie en ces temps-là, elle est appelée d'après le nom de l'inventeur de l'alphabet télégraphique, Samuel Morse.

La télégraphie a ensuite perdu son importance suite au développement ultérieur de la technologie, mais elle est encore utilisée parmi les radio-amateurs.

Si le radio-amateurisme vous intéresse, il pourrait être utile pour vous d'apprendre l'alphabet morse. Pour apprendre la télégraphie,

A	· -	J	· - - -	S	· · ·	1	· - - - -
B	- · · ·	K	- - -	T	-	2	· · - - -
C	- · - ·	L	· - · ·	U	· · -	3	· · · - -
D	- · ·	M	- -	V	· · · -	4	· · · · -
E	·	N	- ·	W	· - -	5	· · · · ·
F	· · · ·	O	- - -	X	- · - -	6	- · · · ·
G	- - ·	P	- · - ·	Y	- - - -	7	- · · · ·
H	· · · ·	Q	- · - -	Z	- · · · ·	8	- - - · ·
I	· ·	R	· · ·			9	- - - · ·
						0	- - - - -

utilisez le bourdonneur. La position du potentiomètre permettant de régler la hauteur du son, n'est pas importante pour le bourdonneur. Pour taper les codes morse, vous pouvez utiliser le même bouton qui met en marche le multivibreur.

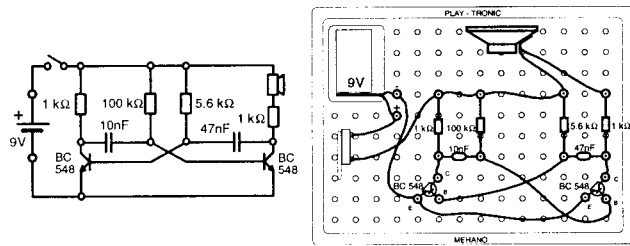


Fig. 102

Lorsque vous tapez les codes morse, suivez toujours la règle qui dit que chaque trait dure la période de trois points, et qu'entre les parties du code (trait et/ou point), l'intervalle dure l'espace de trois points.

103. CLAQUETTE

Une claquette produit les claquements en intervalles réguliers. Dans notre expérience, pour imiter le son de la claquette, nous utilisons le multivibreur, dans lequel le travail d'un des transistors sert à produire le son, et au moyen de l'autre transistor on détermine la durée d'intervalle entre deux claquements. Pour cette raison, dans notre circuit, à droite il y a un condensateur céramique et à gauche un condensateur électrolytique. Cela fait qu'il y a un ratio de quelques centièmes entre les intervalles de temps pendant lesquels les transistors gauche et droit sont ouverts.

Quand nous relierons le multivibreur astable à la source d'énergie, il doit y passer un certain temps pour que les condensateurs se chargent et le circuit commence à fonctionner. Pour obtenir que le multivibreur travaille comme nous le désirons, et cela immédiatement après avoir appuyé sur le bouton, nous avons envisagé un autre système pour brancher le multivibreur.

Lorsque vous appuyez sur le bouton, vous entendrez immédiatement du haut-parleur un claquement répété de la claquette.

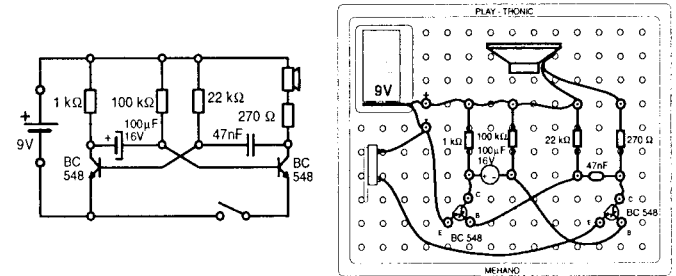


Fig. 103

104. BRANCHEMENT ET DEBRANCHEMENT SUCCESSIFS DE L'APPAREIL

Imaginons que dans le processus de fabrication, nous devons utiliser une presse; tantôt il faut qu'elle marche, tantôt elle doit être à l'arrêt. Durant le processus de fabrication, la presse travaille, en s'ouvrant et fermant constamment. Le circuit de contrôle doit assurer l'état stable en deux positions extrêmes, mais doit également permettre l'alternance de ces deux positions.

Comme dans l'expérience précédente, nous utiliserons le multivibreur astable en tant que circuit qui permet de diviser par deux. Dans ce cas, en appuyant sur le bouton, nous déclenchons le courant venant de la borne positive de la batterie et passant dans la base de transistor, qui est actuellement fermé. L'état de circuit change sous cet effet.

Quand le bouton est mis en contact, le circuit ressemble au multivibreur astable, ce qui n'est pas faux d'ailleurs. Si vous tenez le bouton enfoncé, l'ampoule commence à palpiter. Quand vous relâchez le bouton le palpitement s'arrête. La simple pression sur le bouton pour une période plus courte que la période où le transistor de multivibreur astable est ouvert, fait alterner l'état de multivibreur.

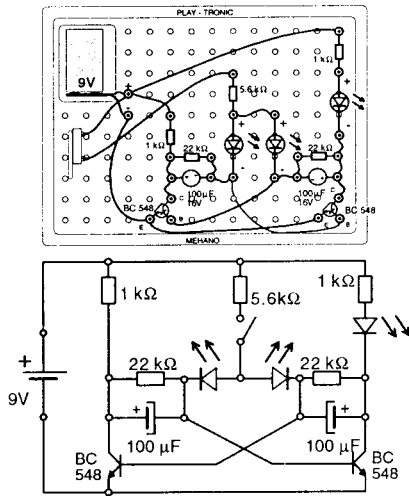


Fig. 104

105. GARDE ELECTRIQUE AVEC SIGNAL SONORE

Rappelons-nous ici le garde électrique décrit dans ce livre. Dans cette expérience-là, il y'avait seulement la diode lumineuse qui s' allumait dès le déclenchement du signal. Ici, dans notre cas, on entend un son lorsque l'alarme est déclenchée.

Le circuit est en effet un multivibreur astable, qui travaille à la fréquence audible. Dans le circuit, nous avons inséré un fil qui provoque le court circuit entre la base et l'émetteur de l'un des transistors. Lorsque cette connection est coupée, le multivibreur commence à fonctionner et le haut-parleur émet un son.

Le court circuit dans le transistor gauche a été provoqué délibérément. Dû au court circuit, l'autre transistor est ouvert.

Entre le collecteur et la borne positive de la batterie, il y'a une résistance de 1 kΩ. A gauche, entre le collecteur et la borne positive de la batterie il y'a une résistance de 270 Ω de même que le haut-parleur dont la résistance est de quelques ohms seulement. Pour cette raison, si le transistor gauche reste constamment ouvert, il sera parcouru par un courant plus fort que le transistor droit, et la batterie se déchargera plus vite. Comme nous ne savons pas à quel moment l'alarme peut être déclenchée, il est recommandé d'économiser l'énergie de la batterie.

Maintenant, vous pouvez assembler vous-même une alarme qui vous avertira que la porte est ouverte. On peut voir ces alarmes dans les magasins. Quand un client ouvre la porte et entre dans le magasin, on entend un signal sonore qui s'arrête quand la porte s'est refermée. Fixez sur le montant de la porte l'interrupteur reed, tout près de la porte. Sur la porte placez un aimant. Lorsque les brides de l'interrupteur reed sont connectées, dû à la proximité de l'aimant, l'alarme est déclenchée. Quand quelqu'un ouvre la porte, les contacts dans l'interrupteur reed sont coupés, le circuit commence à travailler et on entend le son du haut-parleur.

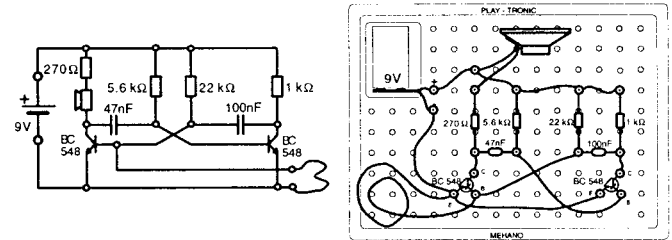


Fig. 105

106. GARDE ELECTRONIQUE AVEC SIGNAL LUMINEUX

Dans le cas qui nous occupe, l'alarme sera déclenchée en utilisant la lumière scintillante. Le circuit est en principe semblable au précédent. Comme le scintillement a une basse fréquence, le multivibrateur est construit pour fonctionner à très basse fréquence.

Pour cette raison, dans le circuit, il y'a des condensateurs électrolytiques. Le déclenchement de l'alarme se fait de la même manière que dans le circuit précédent.

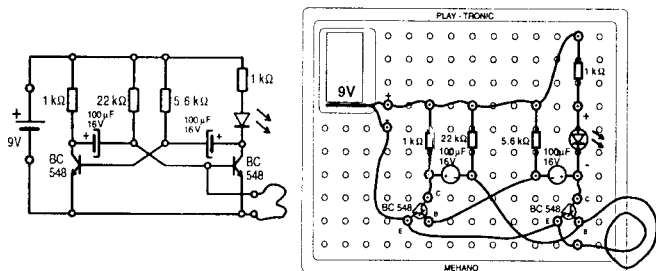


Fig. 106

tionner. La diode lumineuse, reliée au circuit du collecteur du transistor gauche, se met à scintiller.

L'alarme ne fonctionne pas s'il s'agit des liquides qui ne conduisent pas le courant électrique.

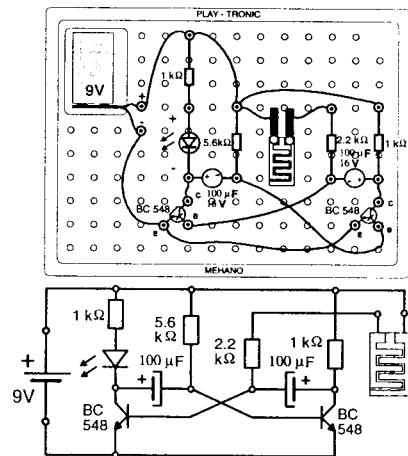


Fig. 107

107. ALARME LUMINEUX DU NIVEAU D'HUMIDITE

Dans l'alarme décrit ci-dessous, le détecteur d'humidité est relié en série à la résistance droite centrale. Quand le détecteur est sec, il fournit de la haute résistance et il n'est pas parcouru par le courant. Lorsque le détecteur devient humide, sa résistance baisse et le courant commence à y passer, permettant au multivibrateur de fonc-

108. ALARME SONORE D'HUMIDITE

Dans le circuit de l'expérience 107, mettons à la place de la diode et la résistance de 1 kΩ, un haut-parleur et à la place des condensateurs de capacité de 100 nF les condensateurs de 47 nF et de 100 nF. Vous obtiendrez l'alarme qui se déclenche lorsque son détecteur d'humidité commence à humecter.

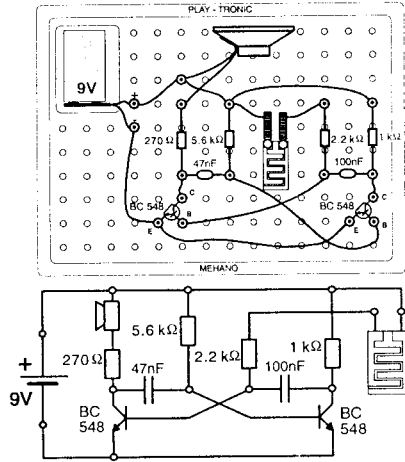


Fig. 108

109. GARDE FLEURS

Les amateurs de fleurs connaissent très bien l'importance pour les fleurs d'être aspergées au bon moment. Il ne faut pas les asperger trop, parce que l'humidité nuit aux racines. Le circuit décrit ci-dessous avertit par le palpitement de la diode lumineuse, que la terre dans le pot est sèche et qu'il faut arroser les fleurs.

En effet, le circuit est un multivibrateur astable, qui ne peut pas fonctionner parce qu'on a intercalé une résistance supplémentaire. Il s'agit d'une résistance posée entre deux fils enfoncés dans la terre. Quand la terre est sèche, la résistance entre deux fils est haute et n'affecte pas le travail du multivibrateur. Lorsque les fleurs sont arrosées et la terre humide, la résistance entre les fils est tellement faible que le multivibrateur ne fonctionne pas. Au début, le scintillement de la diode lumineuse est lent. Lorsque la terre commence à sécher, le scintillement s'accélère jusqu'à son maximum.

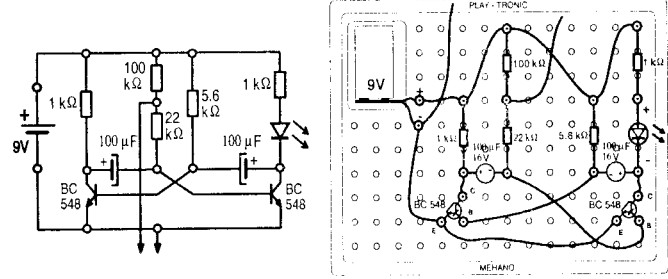


Fig. 109

110. JOUET ACCOUSTIQUE

Les petits enfants adorent jouer avec les jouets qui produisent des sons, comme un hochet, un jouet à sifflet, des tambours, etc. Le jouet décrit dans cette expérience pourrait aussi amuser les enfants.

Il s'agit du multivibrateur astable, qui fonctionne à la fréquence audible. Le détecteur d'humidité est relié en parallèle à une des résistances qui détermine le fonctionnement du multivibrateur astable. Si vous touchez le détecteur du votre doigt ou de la main, sa résistance change. La pression sur le détecteur d'humidité provoque une baisse de sa résistance. La liaison en parallèle de la résistance de 100 kΩ et du détecteur d'humidité fournit une résistance plus faible. La fréquence de multivibrateur monte.

En appuyant et tenant enfoncé le détecteur, nous pouvons inciter ce jouet à produire des sons très intéressants.

111. SIRENE D'ALARME BITONALE

Vous avez probablement eu l'occasion d'entendre une sirène d'alarme bitonale. Dans notre cas, c'est le multivibrateur astable à fréquence variable. Pour ce faire, nous pouvons ajouter à une des résistances qui déterminent le fonctionnement du multivibrateur encore une résis-

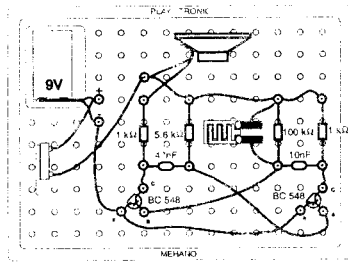
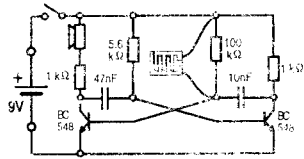


Fig. 110

tance supplémentaire, que nous branchons en appuyant sur le bouton. La résistance de multivibrateur sera plus faible et la fréquence de multivibrateur montera, quand le bouton est appuyé.

La résistance que nous connectons au circuit, en appuyant sur le bouton, est constituée d'un circuit fait de la résistance de 22 kΩ et du potentiomètre, mis en série. Quand le bouton est enfoncé, nous pouvons régler les tons aigus, faisant tourner le potentiomètre de sorte que le rapport entre les tons aigus et bas convienne à notre goût. Nous utilisons la résistance de 22 kΩ pour ne pas permettre à la résistance réglable de baisser sa valeur à zéro. Dans ce cas un courant très fort parcourrait la base de transistor gauche, risquant de l'endommager définitivement.

112. SIRENE D'ALARME

Les véhicules des pompiers sont souvent munis de sirène hurlante. Ces sirènes travaillent au moyen d'un moteur électrique. Dans le schéma ci-dessous nous voyons une version électronique de la sirène produisant un son hurlant analogue.

Le circuit est en effet un multivibrateur astable qui fonctionne aux fréquences audibles. Le courant venant du diviseur de tension, constitué d'une résistance de 2,2 kΩ et du condensateur électrolytique, passe dans la base de transistor gauche, à travers la résistance de 22 kΩ.

Quand vous reliez le circuit à la source d'énergie, le multivibrateur commence à fonctionner et le son vient du haut-parleur. Le conden-

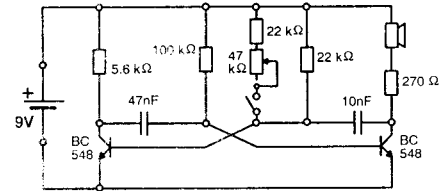
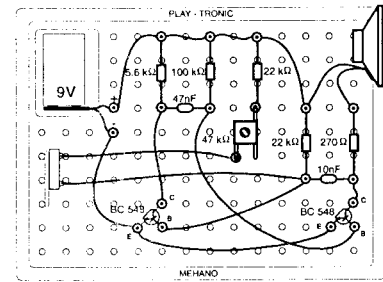


Fig. 111

sateur électrolytique se décharge et n'affecte plus le circuit.

Appuyez sur le bouton. A travers la résistance de 2,2 kΩ le condensateur électrolytique se charge. Pour cette raison, la tension est envoyée sur ses brides. Un faible courant parcourt la base, par les résistances de 2,2 kΩ et de 22 kΩ. Le transistor commence à s'ouvrir légèrement. La vitesse de fonctionnement du multivibrateur astable change et le ton est plus aigu.

Relâchez le bouton. Le condensateur chargé commence à se décharger par la résistance de 22 kΩ, et le courant passe dans la base de transistor gauche. Au début, le condensateur se décharge vite, et ensuite un peu moins vite. Lorsque le condensateur se décharge, la fréquence du multivibrateur baisse, et vous entendez cela comme un ton hurlant. En enfonçant le bouton, vous déclenchez le ton hurlant. Dans la cabine de véhicule, il est également possible d'envisager un bouton jouant le rôle analogue, placé près de la sirène d'alarme.

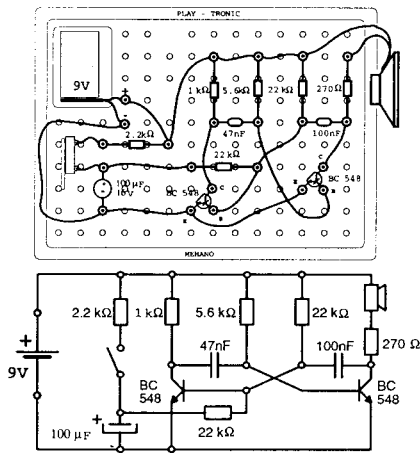


Fig. 112

113. AVERTISSEMENT SONORE DE LA BAISSSE DE TEMPERATURE

Imaginons ce qui peut arriver quand la température baisse, p.e. dans une ferme d'élevage à volailles. Si cela arrivait, la volaille serait morte, provoquant un grand dégât. Il est donc recommandé d'équiper les salles de contrôle d'un indicateur de température. Un signal lumineux pourrait indiquer que la température est normale. Mais, l'indication lumineuse de la baisse de température n'est pas suffisante, puisque il peut arriver que personne ne s'est aperçu du scintillement de la lumière. Pour cette raison, il serait bon d'installer un signal sonore.

Au moyend'un voyant de température, que nous avons déjà mentionné, nous pouvons basculer n'importe quel autre circuit ou appareil. Dans le cas qui nous interesse, le voyant de température fera brancher la source sonore, voire le multivibreur avec le haut-parleur.

Lorsque la température est haute, la résistance de thermistance est

faible. Au raccordement du diviseur de tension, constitué de la thermistance et du potentiomètre, la tension est haute et le courant passant dans la base de transistor est suffisant pour ouvrir le transistor. Actuellement, la résistance de transistor est faible, et elle est raccordée au circuit en sorte qu'il empêche son fonctionnement. On obtient cela en court-circuitant la borne négative de la batterie en endroit approprié du multivibreur. La diode lumineuse s'allume et indique que la température à monté.

Quand la température commence à baisser, la résistance de la thermistance et la tension au raccordement du diviseur de tension diminue. Le courant, de moins en moins faible, passe dans la base de premier transistor. Le transistor commence à se fermer et sa résistance monte. Son influence sur le multivibreur va diminuat, et celui-ci se met en marche. Au début, la fréquence est faible, mais au fur et à mesure que la température baisse, elle monte. Plus basse est la température, plus aigu est le son.

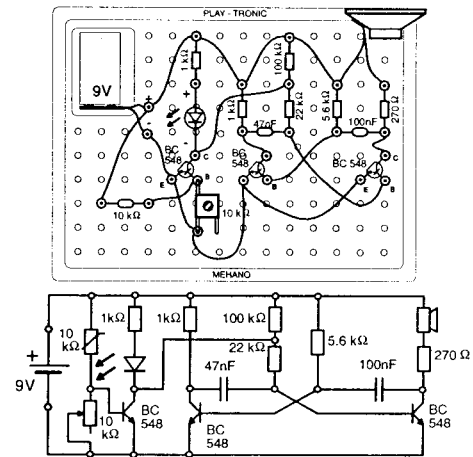


Fig. 113

Entre le collecteur de premier transistor et la résistance de $1\text{ k}\Omega$, il y'a une diode lumineuse.

Elle n'est pas importante pour le travail du circuit, mais elle peut servir comme indicateur lumineux de température. Quand la température commence à baisser, l'illumination de la diode faiblit.

Nous avons déjà dit que le diviseur de tension était composé de la thermistance et du potentiomètre, connecté comme résistance réglable. A quelle température le circuit déclenchera l'alarme sonore dépend de la position du curseur du potentiomètre.

Pour vérifier le fonctionnement, faites tourner l'axe du potentiomètre pour que la diode commence à illuminer, et ensuite faites tourner l'axe du potentiomètre pour que cette fois la diode arrête d'allumer. Faites chauffer la thermistance de vos doigts. La diode s'allume. Soufflez dans la thermistance pour la refroidir. La diode s'éteint lentement, et le haut-parleur produit un son.

114. COMMENT EMPECHER LE COURANT CONTINU DE PASSER DANS LE HAUT-PARLEUR

Dans l'expérience précédente, le haut-parleur était parcouru par le courant continu pulsant. Que devons-nous faire si nous voulons que seul le courant alternatif passe dans le haut-parleur? Pour ce faire nous utilisons un condensateur.

Le schéma ci-dessous montre la connection du haut-parleur. Sur le

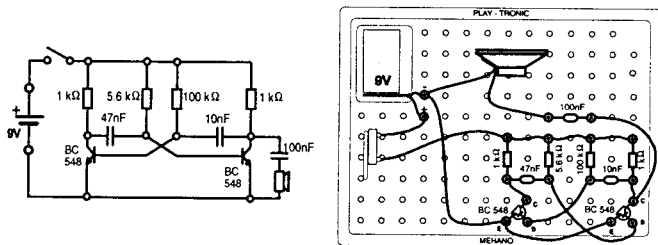


Fig. 114

collecteur de transistor droit il y'a une tension à forte pulsation. Entre l'émetteur et le collecteur, la tension change de 0 V , quand le transistor est ouvert et à 9 V quand le transistor est fermé. Au moyen du condensateur nous assurons que seul le courant alternatif passe dans le haut-parleur, parce que le condensateur laisse passer le courant alternatif et non le courant continu.

115. HAUT-PARLEUR ENTRE DEUX COLLECTEURS

Nous avons mentionné plusieurs fois que dans le multivibreur, la tension entre l'émetteur et le collecteur varie de 0 V à 9 V . Quel est le ratio entre les tensions des collecteurs des deux transistors?

Lorsqu'un des transistors est ouvert, l'autre est fermé. Pour cette raison, la tension d'un des collecteurs, dans la direction du pôle négatif est de 0 V , est dans l'autre de 9 V . Supposons que le transistor gauche soit ouvert et le transistor droit fermé. La tensions entre les deux collecteurs est $U = 9\text{ V}$.

Quand les transistors inversent leurs rôles, les tensions des collecteurs changent. Maintenant, la tension entre le collecteur de transistor gauche et la borne négative de la batterie est de 9 V ; dans le transistor droit, elle est de 0 V , mais dans le sens opposé! La tension entre les deux collecteurs est $U = -9\text{ V}$!

Si nous observons la tension d'un collecteur, elle varie de 9 V . Si nous observons la tension sur les deux collecteurs simultanément, elle varie de $+9\text{ V}$ jusqu'à -9 V . La tension est deux fois plus grande!

Dans certains cas, le raccordement d'une charge électrique entre les collecteurs de transistor offre certaines avantages. Ici, l'important c'est que la charge n'est pas tellement grande pour empêcher le circuit de fonctionner.

La résistance des haut-parleurs est restée faible et un courant continu passe dans le haut-parleur. Entre les collecteurs des deux transistors la résistance est faible et le circuit risque de s'arrêter. Pour l'empêcher, nous avons relié en série le condensateur et le haut-parleur.

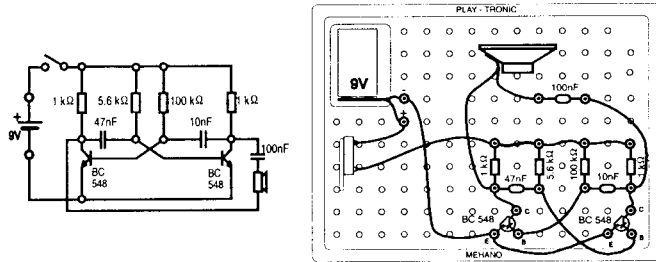


Fig. 115

116. CIRCUIT POUR PRODUIRE DU COURANT NEGATIF

Parfois est-il nécessaire d'avoir un courant négatif dans le circuit. La plus simple solution c'est d'avoir encore une batterie supplémentaire qui assurera la tension négative, à part celle qui permet au circuit de travailler. Naturellement, cela rend plus chère l'utilisation du circuit, parce que nous utilisons deux batteries à la place d'une seule.

Si la consommation du courant de la batterie, fournissant la tension négative est petite, nous pouvons assembler un circuit qui fournira du courant négatif à sa sortie. Le circuit dans son ensemble est donc un peu plus cher, mais du fait que cela nous permet d'économiser les batteries de tension négative, on est vite récompensé.

Pour produire de la tension négative, nous avons besoin du courant alternatif. Dans notre circuit, nous utilisons le multivibrateur astable pour produire du courant alternatif. Le courant alternatif passe à travers le conducteur d'abord dans un sens et puis dans l'autre. La tension entre les collecteurs, p.e. de transistor droit vers le multivibrateur et la borne négative de la batterie, change: quand le transistor est ouvert, elle est presque zéro, et lorsqu'il est fermé, elle s'élève à la tension de la batterie. Cette tension n'est pas alternative, elle est pulsante.

Nous avons déjà montré que le courant alternatif peut parcourir le condensateur et que le courant continu ne le peut pas. Nous pouvons donc séparer le courant direct du courant pulsant, utilisant un condensateur. C'est exactement ce que nous avons fait dans notre circuit.

Le condensateur est relié au collecteur de transistor droit, parcouru par un courant alternatif qui vient du multivibrateur. Ce courant passe à travers deux diodes lumineuses tournées dans les sens opposés. Quand le circuit est relié à la batterie, les deux diodes s'allument. Cela prouve que le condensateur est parcouru par un courant alternatif.

Quand le courant passe depuis le condensateur vers la borne négative de la batterie, il passe à travers la diode verte. Lorsqu'il passe dans le sens opposé, le courant passe dans la diode et la résistance de 100 Ω. La résistance et la diode lumineuse constituent le circuit qui a besoin du courant alternatif pour son fonctionnement.

A la place de la diode lumineuse verte, on peut utiliser une diode normale 1N4004. Nous soulignons encore une fois que le circuit nécessitant la tension négative ne doit pas consommer trop de courant.

Si vous n'êtes pas sûr du fonctionnement du multivibrateur, insérez le haut-parleur n'importe quelle résistance de 1 kΩ et la borne positive de la batterie.

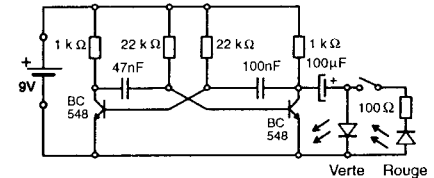
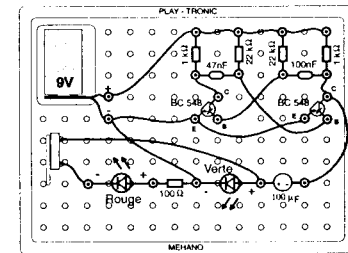


Fig. 116

117. CIRCUIT POUR PRODUIRE DU COURANT NEGATIF AMELIORE

Le courant envoyé d'une diode ne doit pas dépasser le niveau maximum du courant alternatif.

A la place de la diode lumineuse rouge, vous pouvez intercaler le circuit nécessitant pour son fonctionnement du courant négatif.

Si le courant négatif obtenu à partir du circuit que nous venons de décrire ci-dessus, est trop faible, nous pouvons utiliser le circuit qui peut doubler le courant négatif continu. Ce circuit peut être assemblé au moyen des deux diodes et deux condensateurs. Dans le circuit la diode verte est utilisée à la place de la diode normale.

118. ENCORE UNE GENERATRICE DE SONS

Au moyen des deux transistors, nous pouvons assembler une génératrice de sons, qui ne serait pas un multivibreur et qui marchera selon un autre principe. Pour son fonctionnement il nécessite un circuit à rétroaction. La rétroaction est une sorte de connection au circuit qui

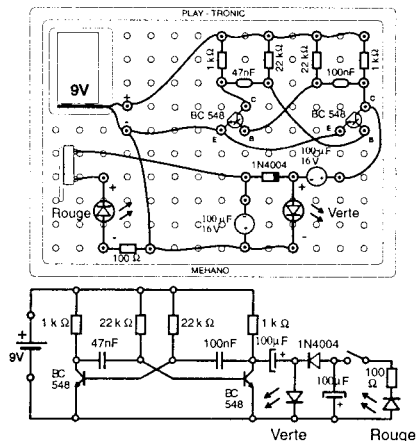


Fig. 117

permet à une partie de signal d'être retransmise depuis la sortie à l'entrée du circuit. De cette manière, tout le circuit travaille différemment que si cette rétroaction n'y était pas.

Dans notre expérience, nous avons deux transistors qui constituent l'amplificateur à basse fréquence.

Par le condensateur de 100 nF et la résistance de 100 kΩ, une partie de signal est retransmise depuis la sortie d'amplificateur (collecteur de transistor gauche) à l'entrée (base de transistor droit).

Supposons que pendant que la tension à l'entrée du circuit monte, celle à la sortie baisse. Si nous ajoutons le circuit permettant que le signal revienne de la sortie à l'entrée, on pourrait dire que "le circuit est confus" et qu'il ne peut pas se décider quelle tension doit y avoir à la sortie et à l'entrée! Cela provoque les oscillations de tension. On dit que la rétroaction provoque les oscillations dans le circuit.

119. INSTRUMENT MUSICAL

Si vous changez la valeur de la résistance de 22 kΩ, la fréquence d'oscillateur varie aussi, et on entend les sons différents venant du haut-parleur. C'est encore plus manifeste, si à la place de la résistance de 22 kΩ, vous intercalez un potentiomètre de 47 kΩ, relié à la résistance réglable.

Vous avez déjà assemblé la résistance réglable, en apposant une

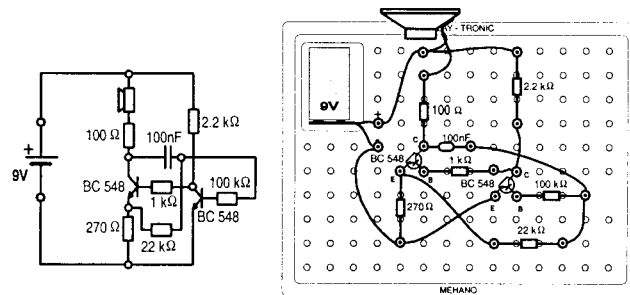


Fig. 118

trace de graphite sur le papier avec un crayon à mine tendre. Cette résistance peut être utilisée dans cet oscillateur pour alterner la fréquence de son fonctionnement.

Placez une bride de ressort au bout de la couche de graphite et reliez-la au circuit au moyen d'un fil. L'autre bout de fil reliez en endroit approprié dans le circuit et posez la bride de ressort. Frottez cette bride contre la couche résistante. Si vous la frictionnez, le son change. Vous pouvez ainsi assembler un instrument musical très simple.

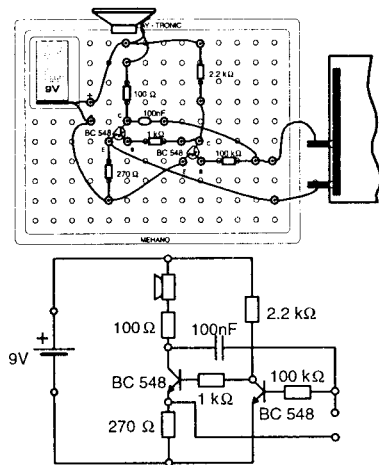


Fig. 119

120. OSCILLATEUR CONSTITUE D'UNE SERIE DE RESISTANCES ET CONDENSATEURS

Pour construire un oscillateur à partir de l'amplificateur, nous avons besoin du circuit à rétroaction, qui ramène le signal de la sortie à l'entrée d'amplificateur. Les propriétés du circuit à rétroaction déterminent si le circuit travaille comme oscillateur et à quelle fréquence.

Le schéma de notre expérience montre encore un exemple d'oscillateur, construit à partir du circuit à rétroaction. Faites tourner l'axe du potentiomètre en sorte que le haut-parleur commence à produire un son. Le circuit à rétroaction est construit à partir de trois condensateurs et trois résistances.

Comme le signal est trop faible pour pouvoir l'entendre, nous avons rajouté un amplificateur à basse fréquence doté d'un transistor.

Vous entendrez du haut-parleur un son beaucoup plus agréable que celui produit par l'oscillateur, construit à partir d'un multivibreur astable. L'oscillateur ci-décrit produit un son très clair.

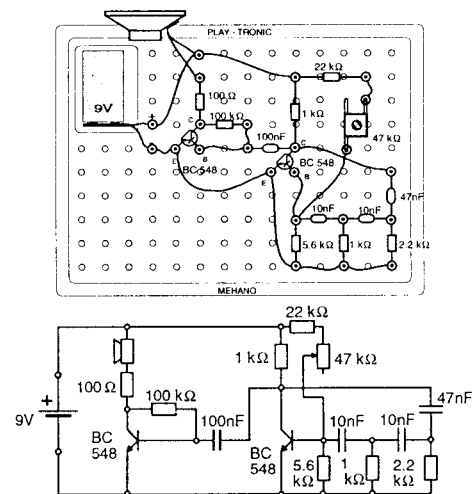


Fig. 120

CONCLUSION

Chaque livre a une conclusion. Si vous est parvenu à la fin de ce livre, ne permettez pas que ce soit la conclusion de vos aspirations portées vers l'élargissement de l'horizon des connaissances que vous avez acquises dans le domaine de l'électronique et de l'électrotechnique. Le livre que vous tenez en mains, ne doit être qu'une introduction dans l'univers de l'électronique, univers riche de nouvelles constatations, de surprises et de possibilités extraordinaires.

Bon courage!

QUI EST QUI...?

Ampère, André Marie (1775-1836), physicien français qui élabora la découverte d'Oersted et posa les bases de l'électrodynamique (la science qui traite de l'action de la charge électrique). Il se consacra également à la détermination des rapports exacts entre le courant électrique et le magnétisme. L'unité d'intensité de courant électrique est nommé ampère (A), du nom de ce physicien.

Bardeen, John (1908-1991), physicien américain. Ensemble avec Brattain H. Walter et Schokley William, il reçut le prix Nobel de physique en 1956 pour la découverte de transistor, qui fut le résultat des recherches que ce trois physiciens avaient menés dans les laboratoires Bell en 1948. Il étudia aussi les propriétés des substances exposées à de très hautes températures. (superconductivité). Pour ces recherches il a obtenu un autre prix Nobel avec Leon N. Cooper et John Schrieffer et 1972.

Brattain, Walter Houser (1902-1987), physicien américain, voir Bardeen, John.

Coulomb, Charles Augustin de (1736-1806), physicien français qui étudia les forces agissant entre les deux corps chargés d'électricité. L'unité de quantité électrique s'appelle coulomb (C), du nom de ce physicien.

Edison, Thomas Alva (1847-1931), physicien américain, un des inventeurs ingénieux du 19e siècle. Parmi la multitude de ses décou-

vertes, citons l'ampoule à incandescence, le phonographe (prédécesseur du tourne-disque moderne), et le projecteur de cinéma. **Faraday, Michael** (1792-1867), chimiste et physicien anglais. Il fut le pionnier par ses recherches et les expériences dans le domaine de l'électricité et du magnétisme. Nombreux sont ceux qui le considèrent un des plus grands expérimentateurs de toutes les époques. Il développa le concept de lignes de force - lignes imaginaires le long desquelles travaillent les forces magnétiques. Ce concept de travail des forces dans un espace est actuel encore aujourd'hui. Du nom de ce physicien, l'unité de capacité électrique d'un condensateur s'appelle farad (F).

Henry, Joseph (1797-1878), physicien et savant américain, connu pour la découverte de l'induction et l'auto-induction électromagnétique. Ses expériences dans le domaine de la chimie, l'électricité et le magnétisme révèle la diversité des sujets qu'il avait abordés. De son nom, l'unité d'induction s'appelle henry (H).

Hertz, Heinrich Rudolph (1857-1894), physicien, mathématicien et ingénieur allemand. Il fut le premier à démontrer l'existence des ondes de radiodiffusion. Il a prouvé que les ondes de radiodiffusion se propagent à la vitesse de lumière. En hommage de son travail et ses résultats, l'unité de fréquence est appelée hertz (Hz).

Kelvin, William Thompson (1824-1907), physicien écossais qui a proposé de mesurer la température à partir d'un zéro absolu (-273,15°C). Il fut un des fondateurs de la thermodynamique. Il participa dans le projet de transmission des messages télégraphiques par un câble sous-marin entre l'Europe et l'Amérique. Il améliora les différents instruments de mesure. Pour son travail il a obtenu le titre de chevalier. De son nom on appelle l'unité de température absolue (K). **Kirschhoff, Gustav Robert** (1824-1887), physicien allemand. Il découvrit la loi fondamentale de l'émission électromagnétique, selon laquelle la radiation du corps noir dépend de la température du corps et de la fréquence des ondes. Il fut un des fondateurs de la spectroscopie.

Leclenché, Georges (1839-1882), inventeur français. De son nom on

appelle les batteries sèches. On utilise encore aujourd'hui les batteries de Leclenché dans les appareils portables.

Morse, Samuel Finley Breese (1791-1872), artiste et inventeur américain. Il fut apprécié parmi les connaisseurs en matière d'art pour ses peintures en miniature. Comme technicien, il est avant tout connu pour le développement du télégraphe. Il développa un instrument pour la réception des messages transmis par les fils, utilisant un électroaimant qui pressait le crayon contre une bande. Cela rendit possible la réception des messages sous forme de traits et points. Il a aussi développé les codes constitués de traits et points.

Oersted, Hans Christian (1777-1851), philosophe danois. Pendant les expériences exécutées lors de ses cours donnés en 1820, il découvrit l'induction électromagnétique. Il a aussi étudié le travail des liquides et des gaz sous pression. Il a acquis une grande réputation grâce à ses expériences et les cours donnés en publique.

Ohm, Georg Simon (1789-1854), physicien allemand. En 1826 il détermina le rapport entre la tension, le courant et la résistance dans un circuit électrique établi. C'est la loi d'Ohm et l'unité de résistance électrique s'appelle ohm (Ω).

Shockley, William (1910-1989), physicien américain, voir Bardeen John.

Swan, Sir Joseph Wilson (1828-1914), chimiste et inventeur britannique. Il contribua considérablement au développement de la photographie. Parmi ses inventions citons l'ampoule à filament graphite (1860) et l'ampoule à filament en métal (1878).

Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio (1745-1827), physicien italien, inventeur de la première batterie électrique. Il fut également le premier qui avait isolé le gaz méthane. De son nom on appelle l'unité de tension (V).

GLOSSAIRE

Le glossaire ci-joint contient certains termes que vous ne connaissez probablement pas tellement bien. Certains de ces termes ont été souvent employés dans ce manuel, certains l'étaient moins et il y'en a aussi d'autres qui n'ont pas été mentionnés mais qui sont étroitement liés au domaine de l'électronique et l'électrotechnique.

accumulateur. Batterie, source d'énergie électrique, que l'on peut charger une fois qu'elle s'est déchargée. Normalement, un accumulateur est chargé d'énergie électrique qu'il a recueillie d'un condensateur.

aimant. Matière dont la propriété est d'attirer les objets métalliques, en cobalte et nickel.

ampermètre. Instrument pour mesurer l'intensité de courant électrique.

amplificateur. Circuit qui amplifie les signaux électriques.

astable. Quelque chose est astable si les états qu'elle occupe sont actifs mais alternent constamment.

atome. La plus petite particule d'un élément, capable de maintenir les propriétés de celui-ci.

base. Prise de transistor, sur laquelle on envoie du courant permettant de contrôler le transistor.

batterie. Source d'énergie électrique dans laquelle l'énergie chimique (énergie déposée dans les éléments chimiques), est transformée en énergie électrique. La batterie déchargée ne peut pas être réutilisée.

bistable. Propriété de ce qui peut rester stable dans un des ses deux états.

bit. Unité élémentaire d'information digitale pouvant prendre deux valeurs distinctes: 0 (zéro) et 1 (un).

bobinage. Élément du circuit, dans lequel l'énergie est déposée du fait que les enroulements du bobinage sont traversés par un courant électrique qui ne varie pas. Le bobinage fournit donc de la résistance aux changements de courant électrique qui le parcourt.

capacité. Propriété des condensateurs, mesurée en farad (F).

cathode. Extrémité de la diode reliée à la borne négative. Le courant électrique traverse la diode uniquement en cas où la cathode est reliée à la borne négative de la batterie.

CD. Disque compact sur lequel les données (ou la musique) sont emmagasinées sous forme digitale.

CD ROM. Disque compact sur laquelle sont enregistrées les données digitales. Un disque peut contenir les informations équivalentes à 300.000 pages frappées. Sur un CD ROM on peut aussi emmagasiner des images, des séquences animées, des prises de vidéo, du son.

champs électrique. Espace autour de la charge électrique, où agissent les forces électriques.

champs magnétique. Espace autour de l'aimant dans lequel agissent les forces magnétiques.

chip. Plaquette en silicium minuscule sur laquelle il a été réalisé un circuit électronique intégré.

charge électrique. Quantité d'électricité. Si un appareil est chargé d'électricité, on dit qu'il contient de l'électricité non stable.

circuit balancé. Circuit où le courant envoyé se divise un peu comme sur une balançoire d'enfants (une partie en haut, l'autre en bas ou en équilibre).

circuit de Darlington. Circuit dans lequel le courant électrique venant de l'émetteur de transistor passe directement dans la base de l'autre transistor.

circuit électrique. Est la voie du courant se déplaçant à travers le circuit qui doit être fermé. Le courant électrique ne peut pas se déplacer que si le circuit est fermé: la borne positive de la batterie, la prise, le fil d'alimentation, l'ampoule, l'autre fil d'alimentation, la borne négative de la batterie.

circuit intégré. Circuit où un grand nombre d'éléments est regroupé sur une plaquette en silicium minuscule, comme p.e. transistors, résistances, condensateurs, etc. Les circuits intégrés très complexes comprennent plusieurs millions de transistors.

circuit à rétroaction (feedback). Circuit qui fait revenir une partie d'information depuis la sortie vers l'entrée de circuit.

collecteur. Prise de transistor, qui nous permet d'observer l'influence du courant électrique passant dans la base de transistor.

commutateur hermétique (interrupteur reed). Tube avec deux lames de contact. Quand on les aimante (au moyen de l'aimant ou de l'électroaimant), elles s'attirent, ce qui permet au courant de les parcourir.

condensateur. Élément électronique, servant à emmagasiner la charge électrique, en sorte que la tension sur ses brides ne varie pas. Le condensateur fournit de la résistance aux variations de la tensions à ses extrémités.

condensateur électrolytique. Élément électronique, contenant du liquide (électrolyte). Ces condensateurs ont, en général, une grande capacité (plusieurs microfarads). Pour les condensateurs électrolytiques, l'important c'est dans quels sens on a raccordé leurs brides au circuit. Si elles sont tournées dans le sens contraire, le condensateur risque d'être détruit immédiatement.

conducteur. Substances qui conduisent bien du courant électrique.

convertisseur. Dispositif qui permet la transformation du courant alternatif en courant continu. En général, c'est un dispositif qu'on raccorde directement à la prise secteur, et qui a une tension permanente à ses extrémités, auxquelles nous pouvons relier les appareils qui ont besoin du courant continu (transistor) pour leur fonctionnement.

corps chargé. Corps auquel une charge électrique a été donnée ou prélevée.

coulomb. Unité de quantité électrique.

courant alternatif. Courant qui se déplace alternativement, d'abord dans un sens et puis dans l'autre.

courant continu. Courant qui passe à travers un conducteur toujours dans le même sens.

courant électrique. Déplacement dirigé et contrôlé de la charge électrique.

courant pulsant. Courant parcourant un conducteur toujours dans le même sens et dont l'intensité varie.

détecteur. Élément permettant de transformer un impact non élec-

trique en impact électrique (détecteur d'humidité).

diode. Élément semiconducteur du circuit par lequel le courant passe uniquement dans un sens.

diode LED. Diode luminescente.

dynamo. Génératrice permettant d'obtenir du courant électrique continu.

électroaimant. Bobinage parcouru par un courant électrique. Comme il travaille comme aimant lorsqu'il est connecté à la source électrique, on l'appelle électroaimant.

électrolyte. Liquide conducteur du courant électrique.

électromoteur. Appareil dans lequel l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique.

électron. Particule d'atome, possédant la charge négative.

élément. Substance constituée d'un seul type d'atomes.

élément du circuit. La plus petite composante d'un circuit électrique.

émetteur. Contact de transistor ou concourent les courants venant de la borne positive de la batterie, passant dans le collecteur et la base.

énergie. Capacité d'exécuter un travail. L'énergie peut changer ses formes: celle mécanique en électrique (génératrice), électrique en thermique (calorifère), électrique en lumière (ampoule).

fréquence. Numéro de changement en une seconde.

génératrice. Appareil qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique. Les génératrices sont utilisées dans les usines électriques ou l'énergie mécanique de l'eau vient être transformée en énergie électrique.

graphite. Carbone tendre. Dans l'électrotechnique, on l'utilise pour les résistances et les curseurs. On le trouve également dans des mines de crayons et des lubrifiants pour les roulements.

goniomètre. Dispositif transformant le courant alternatif en courant continu. En général, c'est un dispositif qu'on raccorde à la prise secteur, et qui a une tension continue à ses extrémités, auxquelles nous pouvons relier les appareils qui pour leur fonctionnement ont besoin du courant continu (transistor).

inductance. Propriété des bobinages. Unité de mesure est henry (H).

induction. Impact de l'aimant sur le conducteur ou le bobinage en mouvement. Dû aux mouvements du conducteur ou du bobinage, placé à proximité de l'aimant, un courant électrique commence à y passer.

information digitale. Information exprimée en séquences de bits.

instrument universal. Voir AVO mètre.

interrupteur. Élément du circuit permettant de couper le circuit.

isolant. Substances dont la propriété est de ne pas conduire l'électricité.

haut-parleur. Appareil dans lequel l'énergie électrique se transforme en énergie sonore.

laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Appareil de radiation lumineuse monochromatique, cohérente très puissante et très restreinte.

microphone. Appareil dans lequel l'énergie sonore est transformée en énergie électrique.

microprocesseur. Circuit intégré très complexe avec un grand nombre de circuits logiques.

mise à la terre. En général, la partie du circuit reliée directement à la borne négative de la batterie. Chez les automobiles p.e. la mise à la terre est la carrosserie métallique, reliée à la borne négative de l'accumulateur.

molécule. La plus petite partie d'une matière, gardant les caractères de celle-ci.

monostable. Propriété de ce qui (circuit) occupe une seule position stable (état) et qui a tendance de garder. Si on essaie de faire changer cet état par un mouvement extérieur, le tout revient en son état initial, stable.

neutron. Particule d'atome, électriquement neutre.

NTC (Negative Coefficient Temperature). Thermistance dont la résistance baisse au fur et à mesure que la température monte.

ohmmètre. Instrument pour mesurer la résistance électrique.

ordinateur électronique. Appareil avec un circuit électronique capable de traiter les informations données ou d'effectuer un grand nom-

bre d'opérations à partir de ces données (de calcul p.e.) très rapidement.

oscillateur. Circuit qui produit la tension électrique négative.

plan de raccordement. Plan indiquant le raccordement des éléments individuels d'un circuit.

proton. Particule d'atome possédant la charge électrique positive.

pôle. Extrémité d'un aimant où l'influence des forces magnétiques est la plus importante.

potentiomètre. Résistance variable. Elle est reliée au circuit en sorte que toutes les deux brides de résistance et de curseur y soient raccordées.

préfixe. On l'utilise devant une unité de base pour indiquer combien de fois une unité de mesure est plus grande ou plus petite de celle de base.

RAM (Random Access Memory). Mémoire opérationnelle de l'ordinateur. Cette mémoire nous permet d'y écrire ou d'en lire les informations.

relais. Dispositif avec électroaimant qui attire un bout de fer et provoque de ce fait l'accouplement des contacts mobiles et immobiles. On utilise les relais pour commuter les interrupteurs à l'aide du courant électrique.

robot. Machine dont le fonctionnement est contrôlé par les ordinateurs.

ROM (Read Only Memory). Chip à mémoire qui nous permet la lecture des données. Très souvent, ils ont la forme de circuits intégrés munis d'une fenêtre transparente minuscule.

résistance. Propriété des résistances. Unité de mesure est ohm.

schéma. Plan de raccordement d'un circuit électrique.

semiconducteur. Substances ayant la propriété intermédiaire entre les isolants et les conducteurs. Si on soumet ces substances à un traitement et on les utilise après, d'une manière appropriée, elles deviennent semiconductrices.

signaux de basse fréquence. Signal audible, c'est-à-dire entre 16Hz et 20.000 Hz.

signaux de haute fréquence. Signal dont la fréquence n'est pas audible, c'est-à-dire au dessus de 20 kHz.

stable. Etat qui n'alterne pas sans une influence extérieure.

température. Donnée qui indique combien un objet est chaud ou froid.

thermistance. Résistance qui varie au fur et à mesure du changement de température.

touche. Interrupteur électrique qui est fermé seulement si on le tient enfoncé.

touche de détecteur. Touche qui réagit au contact du doigt.

transistor. Élément semiconducteur, dont on peut modifier la résistance par un mouvement extérieur (courant électrique passant dans sa prise de contrôle).

transistor NPN. Transistor qui travaille normalement si son collecteur est relié au pôle positif de la batterie et son émetteur au pôle négatif.

transistor PNP. Transistor qui travaille normalement quand son collecteur est relié au pôle négatif et son émetteur au pôle positif de la batterie.

voltmètre. Instrument pour mesurer la tension électrique.

zéro absolu. La plus basse température possible (-273,15°C).

TABLE DES MATIERES

	Page
A nos jeunes lecteurs et lectrices	2
Chers parents!	3
Introduction	4
Unités de mesure	5
Éléments de base d'un circuit électrique	6
Circuit électrique	6
Batterie	6
Conducteur	7
Interrupteur	8
Courant électrique	8
Courant électrique alternatif	8
Fréquence	9
Résistance	9
Court circuit	12
Contact ouvert	12
Mise à la terre	12
Condensateur	12
Bobinage	13
Thermistance	14
Ampoule	14
Diode semiconductrice	15
Transistor	15
Planche de circuit	17
Contenu de la boîte d'expériences	18
Cent circuits	19
1. Circuit électrique simple	19
2. Circuit électrique avec interrupteur	19
3. Liaison des deux éléments en série	19
4. Est-il important comment on a raccordé la résistance?	19
5. Est-il important comment on a relié l'ampoule?	20
6. L'ordre des éléments reliés en série est-il important?	20
7. Le courant parcourant la résistance	20
8. Circuit électrique avec résistance réglable	20
9. Répartition de la tension sur les deux résistances reliées en série	22
10. Circuit avec diode lumineuse	23
11. Est-il important comment la diode lumineuse est reliée?	23
12. Circuit avec deux diodes lumineuses placées dans le sens opposé	24
13. Circuit avec l'ampoule et la diode lumineuse (1)	24
14. Circuit avec l'ampoule et la diode lumineuse (2)	25
15. Circuit avec l'ampoule et la diode lumineuse (3)	25
16. Circuit relié en parallèle	25
17. Changement de direction du courant dans la branche du circuit relié en parallèle	25

18. Encore un exemple de circuit lié en parallèle	26
19. Changement simultané d'illumination des deux diodes lumineuses	27
20. Circuit avec l'ampoule et la diode lumineuse liées en série	27
21. Condensateur comme source d'énergie électrique	28
22. Quelle est la vitesse de déchargement du condensateur?	28
23. Condensateur peut se charger et décharger plusieurs fois	29
24. Un courant alternatif peut parcourir le condensateur	29
25. Liaison des deux condensateurs en parallèle	30
26. Liaison des condensateurs en série	30
27. Electroaimant	31
28. Commutateur hermétique	32
29. Relais	32
30. Haut-parleur	33
31. Transistor	34
32. Qu'est ce qui se produit si nous mettons e transistor à l'envers?	34
33. Transistor comme commutateur	35
34. Quand le transistor n'est pas tourné correctement	35
35. Comment le transistor travaille-t-il si nous observons uniquement la base et l'émetteur?	36
36. Dans le transistor la direction base - émetteur travaille comme diode	36
37. Comment le transistor travaille-t-il si nous observons seulement la base et le collecteur?	36
38. Dans le transistor la direction base - collecteur travaille comme diode	37
39. Circuit pour tester les transistors	37
40. Comment déterminer la disposition des prise de contact dans le transistor?	38
41. Circuit pour tester les transistors type PNP	38
42. Courant passant dans la base peut être conduit à travers une résistance de collecteur	39
43. Courant passant dans la base peut être conduit du diviseur de tension	39
44. Raccordement des deux interrupteurs de transistor en série	40
45. Transistor comme résistance réglable	40
46. Circuit des deux amplificateurs reliés en série	41
47. Une couche de graphite sur une feuille de papier peut travailler comme une résistance	42
48. La couche de graphite sur un papier peut également être utilisée comme potentiomètre	42
49. Garde électronique	43
50. Signal du niveau haut d'un liquide	43
51. Signal du niveau bas d'un liquide	44
52. Amplificateur monophasé à basse fréquence	44
53. Amplificateur biphasé à basse fréquence	45
54. Une variation de l'amplificateur	46
55. "Light show"	46
56. Circuit à détecteur de signal avec deux transistors	46
57. Circuit à détecteur de signal permettant de débrancher un appareil	47

58. Condensateur et transistor (1)	47
59. Condensateur et transistor (2)	48
60. Branchement de l'appareil pour un bref moment	48
61. Commutateur à minuterie programmable	49
62. Circuit pour tester les éléments	49
63. Circuit pour tester les diodes	50
64. Génératrice de bruit	51
65. Voyant de température	51
66. Bougie électrique	52
67. Avertisseur des changements de température	53
68. Avertisseur du niveau exact d'un liquide dans le réservoir	54
69. Inverseur logique (NOT)	54
70. Deux inverseurs reliés en série	55
71. "Ou" logique (OR)	55
72. "Et" logique (AND)	56
73. "Ou nié" logique (NOT OR ou NOR)	56
74. "Et nié", logique (NAND)	56
75. NAND logique construit à partir de END et NOT	57
76. NOR logique construit à partir de OR et NOT	57
77. Un exemple d'intégration des fonctions logiques	58
78. Circuit logique bistable	58
79. Un autre mode de déclencher le multivibreur bistable	60
80. Déclenchement du multivibreur bistable par le courant passant dans la base	60
81. Multivibreur bistable et les touche de détecteur de signal	60
82. Circuit à mémoire	61
83. Multivibreur bistable comme diviseur binaire	61
84. Allumage et extinction de la lumière par une touche	62
85. Multivibreur monostable	62
86. Déclenchement du multivibreur monostable au moyen du collecteur	64
87. Déclenchement du multivibreur monostable par le courant passant dans la base	64
88. Voyant sonore	64
89. Régulateur de lumière	65
90. Interrupteur électrique avec hystérésis	66
91. Lumière pulsante	67
92. Réglage du réfrigérateur	67
93. Eclairage d'escalier	68
94. Multivibreur symétrique astable	68
95. Changement de fonctionnement du multivibreur astable	69
96. Régulateur de lumière avec multivibreur	70
97. Changement de fréquences du multivibreur astable	70
98. Témoin des feux de l'automobile	71
99. Règlement de vitesse des essui-glaces de la voiture	71
100. Métronome électronique	71
101. Multivibreur et haut-parleur comme bourdonneur	72
102. Bourdonneur pour apprendre la télégraphie	72

103. Claquette	73
104. Branchement et débranchement successif de l'appareil	73
105. Garde électronique avec signal sonore	74
106. Garde électronique avec signal lumineux	75
107. Alarme lumineuse du niveau d'humidité	75
108. Alarme sonore d'humidité	75
109. Garde fleurs	76
110. Jouet acoustique	76
111. Sirène d'alarme bitonale	76
112. Sirène d'alarme	77
113. Avertissement sonore de la baisse de température	78
114. Comment empêcher le courant continu de passer dans le haut-parleur?	79
115. Haut-parleur entre deux collecteurs	79
116. Circuit pour produire du courant négatif	80
117. Circuit pour produire du courant négatif amélioré	81
118. Encore une génératrice de son	81
119. Instrument musical	81
120. Oscillateur constitué d'une série de résistances et condensateurs	82
Conclusion	83
Qui est qui?...	83
Glossaire	84
Table des matières	88

E210 Z08AB/22857 - FRANCOSKO M0701

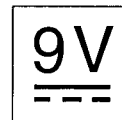
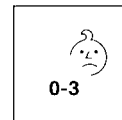
MEHANO

MEHANO, d.o.o.
SI - 6310 Izola, Polje 9
Slovenia

Tel.: + 386 5 660 80 00
Fax: + 386 5 660 81 01
<http://www.mehano.si>
E-mail: sales@mehano.si

ATTENTION!

NE CONVIENT PAS AUX ENFANTS DE MOINS DE 3 ANS.
CONTIENT DES PETITS ELEMENTS DETACHABLES SUSCEPTIBLES D'ETRE AVALES. CE JOUET CONTIENT DES PETITES PIECES POINTUES QUI POURRAIENT SE REVELER COUPANTES. PRESENCE D'ELEMENT EN VERRE SUSCEPTIBLE DE SE CASSER. CE JOUET NE DOIT PAS ETRE LAISSE A LA PORTEE DES TRES JEUNES ENFANTS. CE JOUET DOIT ETRE UTILISE EN PRESENCE D'UN ADULTE.



FRANCOSKO: E210 Z08AB/22857 - M0701

