D. VARDJA JA E. VANNAS



NOOR ELEKTRIK

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

D. VARDJA JA E. VANNAS

NOOR ELEKTRIK

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1952

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

SAATEKS.

„Kumavad linnad" — see on meie linnade ja asulate tuhandete elektritulede öine peegeldus nende kohal hõljuvas atmosfääris. Kuid mitte ainult linnades, vaid ka maal on elektrivalgus kõikjal jõudmas iga Nõukogude Liidu kodanikuni.

Koos valgusega levib elektrienergia kasutamine ka soojuseks ja tööks. Nii on lõplikult kadunud paljudest kodudest suitsvad kolded. Tööpinkide ja masinate juures on inimesi jõuallikana asunud kõikjal asendama elekter. Raudsete käte — elektrikraanade hiiglajõud on võimeline tõstma tonnidesse ulatuvaid raskusi. Elektrienergia jõul liiguvad trollibused, rongid ... Aga peaaegu iga kaasaja jõumasin ja liiklemisvahend osutub kõlbmatuks vrakiks, kui ta konstruktsioonis lakkab töötamast elektrienergia rakuke.

Elektrienergia asendab nii inimesi kui ka materjale keemialaboratooriumides ja -tööstustes, teostades töid ja suunates keemilisi protsesse.

Elekter on leidnud rakendamist ka haiglates, polikliinikutes, arstikabinettides ravivahendina. Kunstlik kõrgustikupäike, lühilaineravi, elektermassaaž, röntgenravi on kõikjal meie maal antud töötajate kasutada.

Traadita side — raadio — võimaldab nõukogude inimesel olla teadlik sündmustest nii oma kodumaal kui ka välismaal. Teadus, kirjandus, muusika ja isegi teater levib elektrilainete abil kodanikuni. Traadita side võimaldab juhtida lennukeid, võimaldab jälgida suurtes kaugustes, pimeduses ja udus asuvaid objekte, võimaldab mõõta kaugusi ja vete sügavusi.

Inimese mõtet ja tundeid peetakse üldiselt veel ikka

tabamatuks. Kuid tänapäeva teadus on ülitundlike elektriinstrumentide abil suuteline jälgima ja fikseerima osaliselt juba ka inimese vaimseid protsesse.

Elekter on jõudnud uskumata lühikese aja jooksul (umbes 150 a.) sellisele arengutasemele, mille üksikuid momente eespool nimetasime.

Silmapaistvad vene teadlased ja leidurid Petrov, Jakobi, Jablotškov, Lodõgin, Šilling, Dolivo-Dobrovolski, Popov jt. on selle suure teadlaspere liikmed, kelle avastised ja leiutised eelmisel sajandil on erilise tähtsusega elektriküsimuste arendamisel ja elektri praktilisel kasutamisel.

Meie sajandil on arenenud hoogsalt traadita kaugside elektrontorude kasutuselevõtmise tõttu. Nõukogude Liidus on suured teened sel alal teadlastel M. A. Bontš-Brujevitšil, F. T. Krenkelil jt.

Nõukogude Liidus pannakse erilist rõhku elektrienergia kasutuselevõtmisele kõige laiemas ulatuses.

Möödunud aastal võttis partei ja valitsus vastu otsuse enneolemata võimsusega hüdroelektrijaamade ehitamiseks meie maa südamesse. Nii näiteks annab ainuüksi Kahhovka elektritsentraal 1 miljard 200 miljonit kilovatt-tundi elektrit aastas. Need ehitused, mis rahvas nimetas kommunismi suurehitusteks, loovad Nõukogude Liidu rahvastele uue, võimsa ja veelgi helgema elu. Tähelepanuväärse vaimustusega võtavad Nõukogude Liidu noored osa elektrifitseerimisest. Meil, Nõukogude Eestis, on noorte algatusel ja otsesel kaastegevusel ehitatud ja ehitamisel mitmel pool elektrijõujaamu jne.

Noorte huvi elektriga seotud küsimuste vastu on kõigiti õigustatud. Seda huvi tuleb rahuldada. Ei piisa ainult juhuslikest ajalehtede-ajakirjade artikleist ega ka tavalisist kooliõpikuist. Nõukogude Eesti noored vajavad neile määratud vastavasisulisi eriteoseid. Ühe sellisena on mõeldud käesolev raamat. See raamat haarab tohutust materjalist, mida kaasaeg võib elektri alal noortele pakkuda, ainult väikese osa: katseid ja praktilisi töid staatilise elektri ja nõrkvoolu alalt.

Teos on kooskõlas ka üldhariduslike koolide õppekavaga. Valdav osa töid haarab füüsika kursust, seda laiendades, mittetäieliku keskkooli ja keskkooli nooremate klasside,

paragrahvid 62 kuni 78 aga keskkooli X ja XI klasside kursuse ulatuses.

Teoses esinevad aparaadid, masinad jne. on konstrueeritud võimalikult lihtsatena. Enamik töödest on valmis ehitatud. Noored tehnikahuvilised on ehitamisega hästi toime tulnud. Joonised on tehtud valminud seadmete järgi. Soovitakse aga valmistada aparaadi, masina jne. mõnd osa teisekujulisena või isegi kogu seadet suuremana või väiksemana, siis loomulikult võib seda teha. Ehitajal tuleb aga teada, et seadme mõõdete muutmisega mõnikord muutuvad ka seadme omadused. Mõnel juhul ei ole soovitav muuta mõõteid. Siis leiate aga harilikult ka tekstist selle kohta märkuse. Algajad ehitajad võiksid siiski kasutada raamatus toodud mõõteid. Neid võiks muuta ainult põhjendatud asjaoludel, nagu käepärast olev materjal, tööriistad jms. Seega välditakse ebaõnnestumisi ja saadakse ehitatavale seadmele ka soovikohane nägus välimus.

Teose katselis-praktilise tuuma juures ei ole unustatud ka hädavajalikke teoreetilisi selgitusi. Teoreetiliste teadmiste omandamine võimaldab kõigil elektri-entusiastidel iseseisvalt, loovalt elektriküsimustega tegelda, mis tohiks olla käesoleva teose üks põhieesmärke.

Teose käsikirja vaatas läbi ja kiitis pedagoogilisest seisukohast heaks Tallinna Õpetajate Instituudi füüsikakateedri juhataja sm. Emmo. Teose terminoloogia ühtlustamise eest võlgnen tänu Tallinna Polütehnilise Instituudi õppejõule dotsent R. Hollmannile.

D. Vardja.

JUHENDEID EHITAJALE.

Praktiliste tööde teostamiseks vajab iga ehitaja mõningaid juhendeid. On neid, kes õpivad esmakordselt tundma harvemini kasutatavaid tööriistu. Paljudele võivad uudiseks olla aga mõned materjalid, nende kasutamine ja töötlemisvõtted. Sääraseist hädavajalikemaist küsimustest vestleme allpool.

§ 1. Tehniline kirjaoskus.

Raamatut lehitsedes silmate palju jooniseid. Need joonised vastavad üldiselt tehnilise joonestuse nõuetele. Jooniseil leiduvate leppemärkide mõistmiseks vaatleme üksikasjalisemalt teoses leiduvaid elektrimootori jooniseid (joon. 93).

Joonisel 93 *a* on mootor pealtvaates, 93 *b* — külgvaates. Kui tarvis on, antakse jooniseid, kus ese on kujutatud ka teistes vaadetes. Kõige sagedamini leiate aga seadme detailjooniseid. Näiteks on joonisel 97 toodud mõnede sama mootori osade detailjoonised.

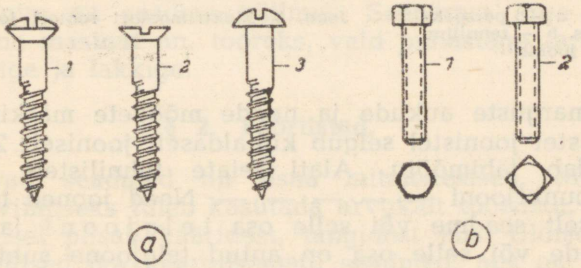
Seadmete üksikosad on märgitud numbritega *1*, *2*, *3* jne. Näiteks tähendab *1* elektrimootori elektromagneti pooli, *2* laagerpukki jne. Samade numbritega on märgitud ka seadme detailid detailjoonistel.

Mõõted on näidatud nooltega varustatud mõõtjoontega ja on joonistel antud millimeetrites ning nende järgi teostub ehitamine. (Otse joonistelt mõõta ei ole lubatud.)

Detailid monteeritakse kruvide, neetide jne. abil. Tehnilistel joonistel kasutatavad leppemärgid püüavad matkida nende tegelikku kuju (joon. 1). Puidukruvidel, samuti ka väiksematel metallikruvidel on kruvi sissekeeramiseks kruvipeal sälk (joon. 1 *a*). Neid kruvisid keeratakse kruvit-

saga. Paljud metallikruvid, milledega eriti tugevaid ühendusi saadakse, on kas kuuskant- või nelikantpeaga (joon. 1 *b*).

NSV Liidu tehased toodavad standarditud mõõdetega kruvisid. Seepärast tehnilises kirjanduses antakse kruvide suurused liigituses märgitud lühendina, näit. „Seadekruvi M 10 × 30 ГОСТ В-1483-42"[1]. Toodud lühend ütleb asjatundjale kõik vajaliku antud kruvi kohta. Ka käesolevas teoses on mõnel juhul seda märkimisviisi lihtsustatud kujul kasutatud. Näiteks joonisel 93 leiate „Kruvi M 3×13", s. t. kruvi omab nn. meeterkeeret, ta on 3 mm jämedune (välisläbimõõduga 3 mm) ja 13 mm pikk.



Joon. 1. *a* — puidukruvid: *1* — läätspeakruvi, *2* — peitpeakruvi, *3* — ümarpeakruvi; *b* — metallikruvid: *1* — kuuskantpeaga kruvi, *2* — nelikantpeaga kruvi.

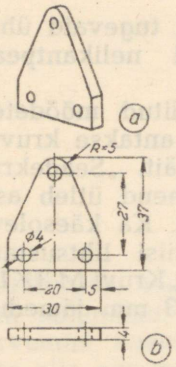
Vaadetest arusaamiseks on kõrvutatud joonisel 93 nendega fotod. Jälgige ja võrrelge üksikosi!

Jooniste mõistmiseks vaadelge veel joonist 2, kus on kõrvutatud elektrimootori laagerpuki perspektiivjoonis selle tehnilise joonisega.

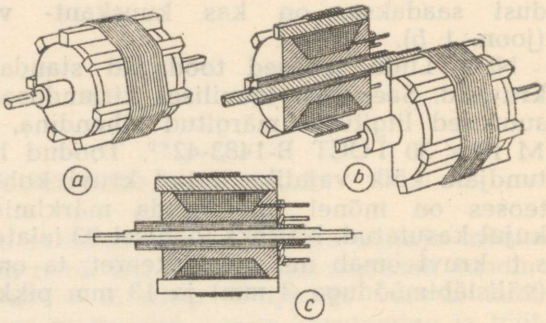
Mitmel puhul esineb ka läbilõigatud esemest tehtud jooniseid. Nende jooniste eesmärgiks on esile tuua eseme läbilõike kontuure. Läbilõike sisu selgub jooniselt 3. Kui kõrvaldada mõttes läbilõigatud rootori üks pool, siis näete elektrimootori rootorit läbilõikes. Läbilõike tehniline joonis on *c*.

---

1 ГОСТ — Государственный общесоюзный стандарт. Riiklik Üleliiduline Standard.



Joon. 2. *a* — perspektiivjoonis, *b* — tehniline joonis.



Joon. 3. Elektrimootori rootori joonis.

Ümmarguste aukude ja nende mõõdete märkimise viis tehnilistel joonistel selgub küllaldaselt jooniselt 2. Märk Ø tähendab läbimõõtu. Alati leiate tehnilistelt joonistelt kriipspunktjooni —·—·—·—·—. Need jooned tähistavad tavaliselt seadme või selle osa telgjooni ja ütlevad, et seade või selle osa on antud telgjoone suhtes sümmeetriline.

Üksikosad valmistatakse detailjoonistel antud mõõdetega ja kujuga. Jooniste *a* ja *b* (vt. joonis 93) järgi toimub detailide kohalemonteerimine, mispärast sääraseid jooniseid nimetatakse ka veel montaažjoonisteks. Montaažjoonistel antakse harva üksikosade mõõteid. Siinkirjeldatud elektrimasina montaažjoonistel on antud aluslaua mõõted. Säärasel juhul ei leia teie enam selle osa joonist detailjooniselt. Materjalide ja valmistusviisi kohta leidub alati andmeid ehituskirjeldistes.[1]

Käesolevas teoses ei ole laskutud tehniliste üksikasjadeni. Joonistel on antud kõik see, mis on vajalik ehitamiseks.

Kõikide elektrotehniliste aparaatide juures on lülitus-

[1] Tehnilistel joonistel on andmed materjalide kohta paigutatud nn. nurgatabelisse. Samuti tuleb mahutada joonisele vajalikud eriandmed detaili valmistamiseks.

skeemid antud vastavate leppemärkidega, mis hõlbustab aparaadi töötamise põhimõttest arusaamist.

Tabel elektrotehniliste leppemärkide kohta on paigutatud teose lõppu.

Tundes joonistel olevaid leppemärke, olete omandanud teatud määrani tehniliste jooniste lugemisoskuse. Kuid on tarvis osata ka kirjutada — jooniseid õigesti materjalile kanda. Jooniste materjalile kandmisega algabki ehitamine. Ehitamisel olge kõikjal täpsed, hoolikad, kannatlikud. Räpakuse tulemuseks on, et osad ei sobi, mispärast aparaat või masin ei tööta või töötab puudulikult.

Töötamisel kasutage korralikke tööriistu: sirgeid joonlaudu, õigeid kolmnurki jne. Töörõõm on seda suurem, mida kaunim on seadme välimus. Seepärast ärge jätke kunagi oma masinat nn. tooreks, vaid puhastage ta hoolikalt, värvige ja lakkige.

§ 2. Tööriistad.

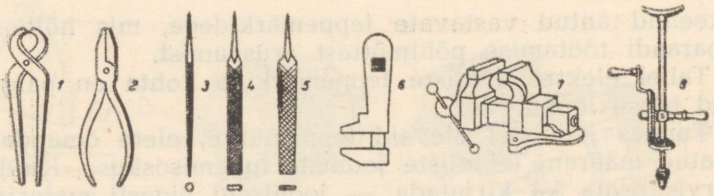
Ehitatavad seadmed on üsna mitmekesised. Mõnede tööde läbiviimiseks tuleb kasutada arvukalt tööriistu, teiste valmistamisel piisab kääridest, tangidest jms. Üldiselt on valitud sellised (ka keerulisemad) seadmed, mis on ehitatavad lihtsate, igas majapidamises leiduvate tööriistadega. Vähem esinevate tööriistadena tuleb kasutamisele trill ja väikesed kruustangid, milledeta ka sageli läbi saab.

Plekikäärid on väga vajalikud pleki lõikamise abinõud, teatud paksusega ja tugevusega plekki on aga võimalik lõigata ka vanade käsitöökääridega, isegi küünekääridega.

Metallisae asemel võib kasutada edukalt lihtsat kolmekandilist viili, meislit jne. Leidlikus käes asendab üks tööriist teist.

Allpool on toodud enam-vähem kõigi soovitatavate tööriistade loetelu.

Joonestamine: jaotustega varustatud joonlaud,
kolmnurk,
sirkel,
mall,
pliiats,
kummi jne.

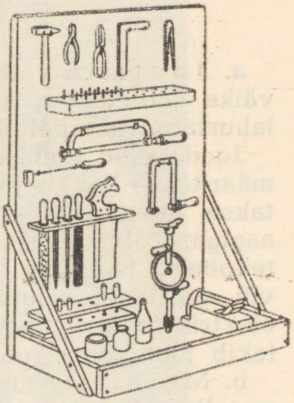


Joon. 4. Tööriistu: *1* — naelatangid, *2* — lamemokktangid, *3* — ümarviil, *4* — peenraidega lapikviil, *5* — jämeraidega lapikviil, *6* — reguleeritav mutrivõti, *7* — väikesed kruustangid, *8* — trill.

Puutöö:	käsisaag, vineerisaag, väike höövel, liivapaber.
Metallitöö:	väikesed kruustangid (joon. 4), vasar, tugev nuga (pussnuga), viile: üks ümarviil, kaks lapikviili, neist üks jäme-, teine peenraidega (joon. 4), trill (joon. 4), puure, kärn, rauasaag, lamemokk-tangid (traadinäpitsaga), naelatangid (joon. 4), mutrivõti — reguleeritav, kruvits, jootevahendid.
Elektrotehnilised vahendid:	poolide mähkimise aparaat.

Et tööriistad oleksid alati kättesaadavad, selleks tuleb valmistada nende hoidmiseks tööriistade plaat (joon. 5). Plaadiks sobib hästi 15 mm paksune laud. Kinnitid — konksud ja aasad tööriistade asetamiseks — võib valmistada 3 mm-lise läbimõõduga traadist.

§ 3. Materjalidest.



Joon. 5. Tööriistade plaat.

Materjale valides tuleb silmas pidada, et sageli on üks materjal asendatav teisega: vineeri (puitlauda) saab tihti asendada plekiga. Puitu (vineeri) ei saa aga seal asendada metalliga, kus puit on ühtlasi isolatsioonimaterjaliks. Vask, messing ja alumiinium kui mittemagnetilised metallid on sageli üksteisega asendatavad. On aga tarvis joota, siis alumiiniumiga teisi metalle asendada ei saa, sest alumiiniumi on raske joota. Rauda ei saa asendada teiste eelpoolmainitud metallidega seal, kus on nõutavad metalli magnetilised omadused. Vaske ja teisi mittemagnetilisi metalle ei saa rauaga asendada seal, kus ei tohi kasutada magnetilisi metalle (näit. kompassi karp).

Elektri isolatsioonimaterjalidena on elektrivoolu osas küllalt hea kuiv puit, klaas, parafineeritud paber ja ka lihtne kuiv paber. Staatilise elektri aparaatide osas on soovitav isolatsioonimaterjalina kasutada parafiini ja kummit. Spetsiaalsed isolatsioonimaterjalid — eboniit, getinaks (pertinaks), trolituul — on üksteisega asendatavad.

Isoleeritud traadina on kasutatavad nii lakk-, siid-, kui ka kahekordse puuvill-isolatsiooniga vasktraat.

Liimimisel tuleb tarvitada atsetoonliimi juhul, kui on tarvilik liimi kiire kuivamine. Atsetoonliim on peale selle veel hea isoleerlakk. Heade isoleerivate liimidena on kasutatavad nitrolakid ja -emailid. Nendega võib edukalt katta ka isolatsiooni vigastusi. Liimidena võib mõnikord kasutada ka kirjalakki, asfaltlakki, šellakit ja vaha ning kampoli sulamit. Metalli võib klaasile liimida vahule löödud munavalgega.

Jäätmed: niidirulli poolid, raseerimisterad, auto ja raadio plokk-kondensaatorid, vanad filmid, kõlbmatu kinniti (fotograafias) jne. on teretulnud elektrotehnilisteks materjalideks.

§ 4. Töövõtted.

a. Jootmine. Selleks vajalikud abinõud on: suur ja väike jootetõlvik, jootevedelik, jootepasta või piirituses lahustatud kampol ja salmiaak.

Joodetavad esemed puhastatakse viili ja liivapaberiga, määritakse kokku jootevedeliku või jootepastaga ja asetatakse üksteise vastu. Tuline tõlvik puhastatakse salmiaagiga. Tõlvikule sulatatakse külge joodis ja viiakse jootekohale. Soovitav on kasutada jootepastat. Jootepastat või piirituses lahustatud kampolit tuleb alati kasutada elektriliste ühenduste tegemisel. Jootevedelikku kasutades tekib jootekohta rooste, mis jootekoha hävitab.

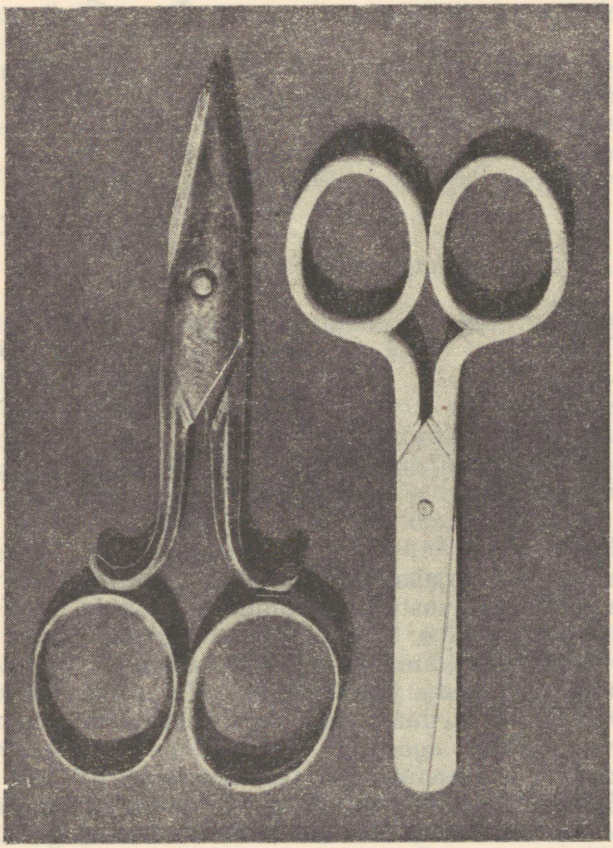
b. Metallitamine. Lihtsamaks metallitamise ehk metalliga katmise viisiks on hõbetamine. Hõbetatava eseme puhastame viili ja liivapaberi abil roostest, peseme mõnes leelises vedelikus ja loputame soojas vees. Tangidega kinni hoides puhastame lõpuks viimased võimalikud rasvajäljed piirituse või puhastatud bensiiniga. Puhastatud eseme asetame mõneks ajaks vanasse fotokinnitisse. Kinnitis leiduvast hõbeda soolast eraldub hõbe metallitatavale esemele kauni metallikihina (joon. 6). Messing- ja raudesemed kattuvad sel viisil hästi. Vaskesemetele jääb hõbeda kate paremini sel teel, kui esemeid kinnitusvedelikus niisutatud lapiga hõõruda. Esemed tuleb pärast hõbetamisvannist eemaldamist loputada puhta sooja veega ja kuivatada peenes vaiguta kuiva puidu saepurus.

c. Galvaniseerimise kohta leiate eriparagrahvi (§ 27).

d. Puitosade lakkimine. Peene liivapaberiga täiesti siledaks hõõrutud puitosi võib katta otsekohe mõne lakiga (piiritus-, nitrolakk). Väriliste lakkide puhul saavutame juba lakkimisel soovitud värvitooni. Värvitute lakkide puhul peitsitakse lakitav ese enne lakkimist soovitud värvuse saamiseks.

e. Puidukruvide puidusse kruvimiseks tuleb materjalisse enne auk ette teha. Samuti on soovitav määrida kruvid mõne õli või vahaga.

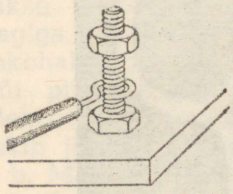
f. Elektriliste ühenduste tegemisel puhastada



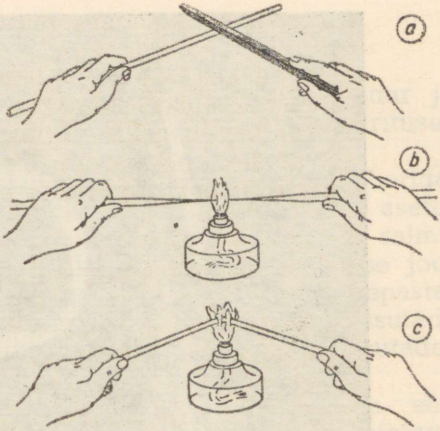
Joon. 6. Metallitamata ja metallitud ese.

traadi otsad isolatsioonist (ka lakist) noaga kraapides või liivapaberiga hõõrudes. Traadiotsad tuleb mutrite ja kruvipeade alla keerata kruvi kinnikeeramise suunas (joon. 7).

g. Metalltoru painutamine. Mõnede tööde juures saab edukalt täismetalli asendada metalltoruga. Et metalltoru paindekohal aga loperguseks ei muutuks, tuleb



Joon. 7. Traadiotste õige kinnitamisviis mutrite ja kruvipeade alla.



Joon. 8. Klaastorude töötlemise võtteid: *a* — peenemate klaastorude poolitamine, *b* — peenikese toruotsa saamine, *c* — painutamine.

toru painutamise ajaks tihedalt täita peenikese kuiva liivaga ja otsad tugevasti puitpunnidega korkida.

h. Klaastorude töötlemine. Peenemate klaastorude (läbimõõt kuni 10 mm) lõikamiseks tõmmatakse viilikandiga kriipsuke torule (joon. 8 *a*) ja murtakse sõrmede vahel. Jämedamatele klaastorudele tuleb murdekohta viilikandiga aga ring kriimustada. Peenikese toruotsa saamiseks kuumutatakse klaastoru piiritustule leegis (joon. 8 *b*) — pehmeks muutunud klaastoru on kerge tõmmata peenikeseks toruks. Soovitakse toru sulgeda, kuumutatakse seda leegis sulgumiseni. Klaastoru painutamine toimub samuti leegis. Selleks keerutatakse klaastoru vastavat kohta leegis seni, kuni klaas pehmeks muutub ja painutatakse sõrmede vahel (joon. 8 *c*). Selliselt painutatud toru muutub küll paindekohalt loperguseks, kuid vaatamata sellele puudusele, täidab ka selliselt painutatud toru oma ülesande.

i. Kummit saab puurida hõõguva metalltraadiga.

j. Atsetoonliimi võib valmistada atsetoonis lahustuvaist vanadest filmidest. Selleks tuleb filmid aga

emulsioonikihist soojas vees leotamise ja kraapimise teel vabastada.

k. Jootevedelikku valmistatakse soolhappest ja tsingitükkidest. Selleks pannakse tsingitükid pudelisse ja valatakse soolhapet peale. Tsinki tuleb võtta niisugusel hulgal, et pärast reaktsiooni lõppemist jääks teda veel järele. On reaktsioon lõppenud, ongi jootevedelik valmis.

§ 5. Poolide valmistamine.

Elekterkõlisti, telefoni, sädeinduktori jne. valmistamisel kasutatakse kõikjal poolisid. Seepärast on vajalik nende valmistamist õppida.

Elekterkõlisti olulisem osa on hobuserauakujuline elektromagnet (vt. joon. 74, 5). See koosneb raudsüdamikust ja südamikule keritud isoleeritud traadist poolist. Lähemal vaatlemisel leiate, et traat ei ole otse rauale keritud, vaid papist (kartongist) poolialusele. Pooliks nimetamegi poolialusele keritud isoleeritud traadist keha. Järgnevalt hakkame õppima poolialuste valmistamist ja neile mähise kerimist.

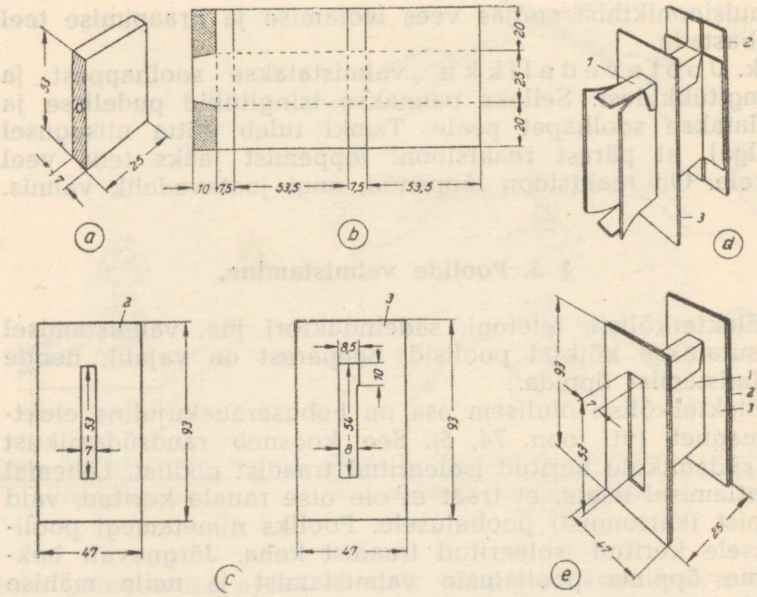
Poolid on kas risttahukakujulised (vt. volt-ampermeetri pool § 35) või siis jälle silindrilised (vt. elekterkõlisti pool § 37). Selle järgi, millise kujuga on meid huvitav pool, tuleb valmistada ka poolialus: risttahukaline või silindriline.

a. Poolialuse valmistamine.

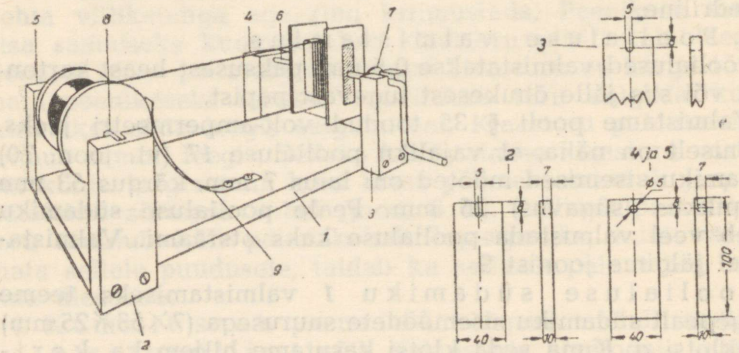
Poolialused valmistatakse 0,5 mm paksusest heast kartongist või siis jälle õhukesest tugevast papist.

Valmistame pooli § 35 toodud volt-ampermeetri jaoks. Jooniselt on näha, et vajaliku poolialuse *17* (vt. joon. 70) südamiku sisemised mõõted on: laius 7 mm, kõrgus 53 mm ja pikkus (sügavus) 25 mm. Peale poolialuse südamiku tuleb veel valmistada poolialuse kaks otsraami. Valmistamisel jälgime joonist 9.

Poolialuse südamiku *1* valmistamiseks teeme kõigepealt südamiku sisemõõdete suurusega (7×53×25 mm) puitklotsi *a*. Kuna seda klotsi kasutame hiljem ka kerimisklotsina, siis teeme sellesse ühtlasi 4 mm läbimõõ-



Joon. 9. Poolialuse valmistamine: *a* — kerimisklots, *b* — poolialuse südamiku pinnalaotus, *c* — otstükid, *d* — otstükkide kleepimine, *e* — valminud poolialus.



Joon. 10. Poolide kerimise aparaat.

duga augu. Järgnevalt joonestame kartongile südamiku pinnalaotuse *b*. Nagu joonisel näha, on pinnalaotuse mõõted (poolialuse südamiku kõrgus ja laius) võetud 0,5 mm võrra suuremad. Seda on tarvis selleks, et pärast kartongi kokkumurdmist südamikuks selle mõõted ei väheneks. Pinnalaotus omab veel 20 mm laiusi ääri. Nendest saame lõiked, millede külge joonise *d* järgi kleebime otstükid *2* ja *3*. Kartongist eraldatud südamiku pinnalaotuse viirutatud osa lõikame ära. Muu osa murrame kriipsjoonte järgi varemvalmistatud klotsile ja liimime liimimisriba abil kokku. Valminud poolialust näeme joonisel *e*.

Silindrilistele poolidele poolialuste valmistamine on mõnevõrra lihtsamgi. Ka siin valmistame ühe väljamurtud osadega varustatud põhitüki ja neli otstükki. Raskem on silindrilisele poolile korraliku klotsi valmistamine. Siin kasutame võimaluse korral puidust klotsi asemel torukest.

Poolialuse mähkimisaparaati asetamiseks tuleb kõik klotsid varustada tsentriauguga, mille läbimõõt on 4 mm.

b. Poolide kerimise aparaat.

Päris lootusetu on käsitsi kerida poolile ligi tuhat, sageli aga üle tuhande traadikeeru. Käsitsi kerides ei saa me kunagi ka ühtlast mähist — traat keerdub, lõpuks katkeb. Kõigil neil põhjusil on vajalik kerimisaparaadi ehitamine.

Materjalid: *4 mm-lise läbimõõduga tugevat traati, 15 mm paksust ja 200 mm laiust lauda, 10 mm paksust ja 40 mm laiust lauda, 0,5 mm paksust plekki, 20 mm pikkusi naelakesi.*

Valmistamisel jälgime joonisel 10 toodud mõõteid.

Aluslaua *1* valmistame 15 mm paksusest lauast mõõdetega 200×300 mm.

Laagerpukid *2, 3, 4* ja *5* valmistame 10 mm paksusest lauast mõõdetega 40×100 mm. Pukkidele *2*, *4* ja *5* puurime 5 mm-lise läbimõõduga puuriga 8 mm kaugusel ülemisest servast 7 mm sügavused augud. Pukil *2* raiume pealt puuraugu lahti. Pukile *3* puurime aga sama augu läbi kogu paksuse ja raiume samuti pealt lahti. Lahtiraiutud puuraugud hõlbustavad võllikute aparaati asetamist. Pukid kinnitame aluslaua külge naelakestega või puidukruvidega.

Kerimisvõlliku *6* valmistame 4 mm-lise läbimõõduga traadist. Et võllik aparaadist välja ei libiseks, varustame ta plekist seibiga *7*. Seib tuleb joota võllikule.

Traadipooli võlliku *8* valmistame samast traadist.

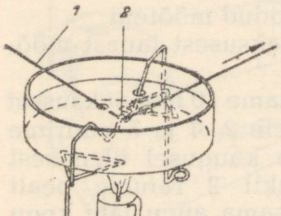
Vedru *9* valmistame 0,5 mm paksusest elastsest plekist ja kinnitame aluslauale kas puidukruvidega või naelakestega. Vedru ülesanne on hoida mähitavat traati paraja pinge all.

Seega oleks meie aparaat ka valmis. Erilist lisaseadet traadi poolialusele juhtimiseks tarvis pole, sest ka käega juhitud traat rahuldab nõudeid.

Poolide kerimisel esineb erinõudeid, et mähis tuleb katta isolatsiooni tugevdamiseks ja mähise püsivamalt kohale kinnitamiseks parafiiniga, lakiga või mõne muu massiga. Selleks valmistame oma kerimisaparaadile lisandina kreemikarbi poolest ja traaditükist nn. parafineerimisseadme (joon. 11). Selle kinnitame puidukruvidega sobivasse kohta aparaadi aluslauale. Karbikesesse pandud parafiini soojendame selle alla asetatud madala küünlakesega. Keritav traat läbib traatsilma ja karbis oleva sula parafiini või mõne muu isoleeraine ning kattub viimasega vajalikul määral.

c. Poolide kerimine.

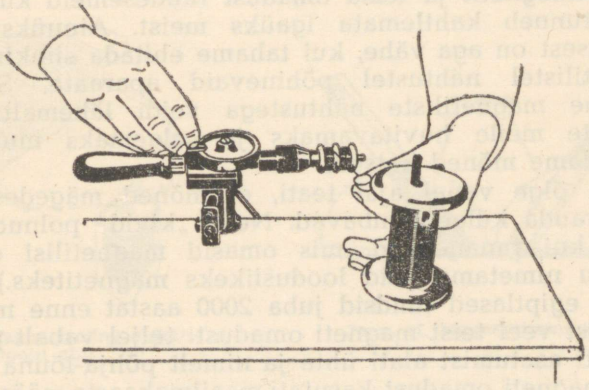
Valminud poolialuse otsraamide toetamiseks lööme naelakestega kummagi kerimisklotsi otsa külge otsraamist pisut suuremad ja kerimisvõlliku läbi viimiseks aukudega varustatud vineeritükid. Joonisel ei ole neid näidatud. Klotsiaugust (joon. 9 *a*) viime aparaadi kerimisvõlliku läbi ja asetame komplekti aparaati. Peaks võllik klotsis libisema, kinnitame selle pabertihendi abil. Keritava isoleeritud traadi alguse pistame pooli ühte otstükki torgatud august välja. Kerida tuleb püüda korralikult — keerd keeru kõrvale. 0,3 mm-lise ja jämedama traadi puhul see harilikult õnnestub hästi. On soovitud traadihulk poo-



Joon. 11. Parafineerimisseade.

lile kantud, viiakse traadi lõpp samuti pooli otstükile. Pooli otstükil märgime tähtedega ka traadi alguse ja lõpu. Poolile kantud mähise kaitseks kleebime mähisele korda kaks paberit.

Selliselt kerime kõik nõrkvoolu- ja madalpingelised poolid. Kõrgepingeliste poolide kerimisel peame üksikud mähisekihid vahepaberiga isoleerima. Hea vahepaber on õhuke, seejuures siiski väga vastupidav läbilöökidele, mis võivad esineda eriti kõrge pinge juures (sädeinduktori pool). Head



Joon. 12. Poolide kerimine trilliga.

vahepaberit saame vanadest raadio ja auto plokk-kondensaatoritest. Eriti tähtis on, et pooli servad oleksid hästi isoleeritud. Selleks võtame paar mm laiema paberi.

Pikkade poolide kerimisel võib juhtuda, et klotsile (torule) keritud pool ei tule klotsilt maha. Selle vältimiseks kerime klotsile enne selle poolialusesse asetamist korralikult, keerd keeru kõrvale ühe kihi peenikest nööri. On traat klotsile keritud, tõmbame nööri alt välja, mille järel ka pool kergesti klotsilt eraldub.

Kui me silindriliste poolide puhul kasutame puitklotsi asemel klaastoru, siis saame poolialuse aparaati asetada sel teel, et korgime klaastoru otsad ja pistame korkidesse

tehtud aukudest kerimisvõlliku läbi või kerime võlliku ümber paraja koguse paberit.

Lõpuks olgu tähendatud, et poolide kerimisel võib edukalt kasutada ka trilli (joonis 12).

MAGNETISM.[1]

§ 6. Looduslikest ja kunstlikest magnetitest.

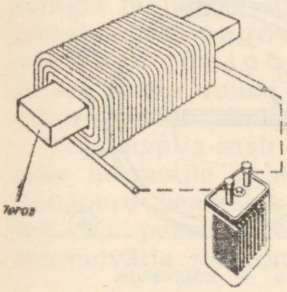
Terasmagnetit ja tema omadust raudesemeid külge tõmmata tunneb kahtlemata igaüks meist. Ainuüksi sellest teadmisest on aga vähe, kui tahame ehitada siinkirjeldatud magnetilistel nähtustel põhinevaid aparaate. Seepärast tutvume magnetiliste nähtustega veidi lähemalt. Nende nähtuste meile huvitavamaks ja selgemaks muutmiseks korraldame mõned katsed.

Juba õige vanal ajal teati, et mõned mägedest leitud kivid rauda külge tõmbavad. Need „kivid" polnud midagi muud kui rauamaagid, mis omasid magnetilisi omadusi. (Praegu nimetame neid looduslikeks magnetiteks.) Hiinlased ja egiptlased tundsid juba 2000 aastat enne meie ajaarvamist veel teist magneti omadust: teljel vabalt pöörleva magneti asetumist alati ühte ja nimelt põhja-lõuna suunda. Seda magneti omadust kasutati maailmakaarte määramiseks. Niisiis oli kompass juba väga ammu tuntud. Kuid kaugemale teadmised magneti üle ei ulatunud. Nii kestis see aastatuhandeid. Alles 350 aastat tagasi hakati magnetilisi nähtusi teadusliku sihikindlusega uurima.

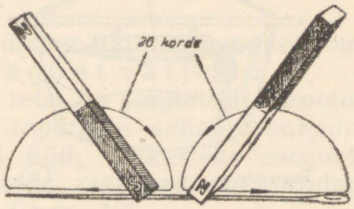
Pandi tähele, et kui looduslikule magnetile lähendada rauа- või terasetükk, omandavad ka need omakorda võime rauda ja terast külge tõmmata. Magneti eemaldamisel selgus aga, et terasetükk ikkagi veel omas magnetilisi oma-

[1] Tutvunedes käesoleva paragrahviga ja paragrahvidega 34 ning 58 leiame, et elektrivoolu abil võib muuta terast (rauda) magnetiks, vastupidi, magneti abil võib tekitada juhtmes elektrivoolu; teiseks, magnetilist terasetükki ümbritseb magnetväli, aga magnetväli ümbritseb ka juhet, milles voolab elekter. Neil põhjustel vaadatakse tänapäeval magnetismi ja elektrinähteid seotult, teineteisest sõltuvate nähetena.

dusi. Rauatükk seevastu kaotas need omadused kohe pärast loodusliku magneti eemaldamist. Ühe sõnaga, terasetükk muutus ise magnetiks — kunstlikuks magnetiks. Enne kui asume katsetama, vajame ka ise üht sellist kunstlikku magnetit. Magneetimist ei saa me muidugi mitte toimetada loodusliku magneti abil, vaid peame selleks kasutama teisi vahendeid (magneetimisaparaat, vt. § 8). Terasmagneti jaoks vajame kõigepealt teraspulka (vana viil vms.). Kui me enesele magneetimisaparaati veel pole valmistanud, siis võime esialgselt ka lihtsamalt magneeti-



Joon. 13. Magneetimine elektrivoolu abil.

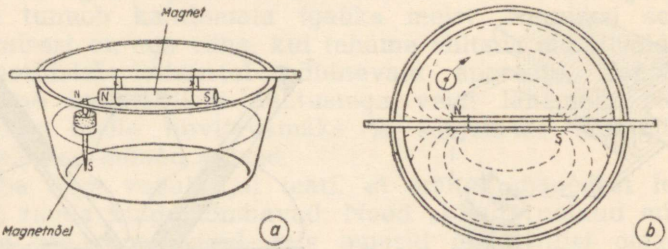


Joon. 14. Magneetimine magnetiga.

mist teostada. Mähime terasetükile kogu pikkuses 4 kuni 5 kihti 0,5 mm-lise läbimõõduga isoleeritud vasktraati (joon. 13). Mähise otsad ühendame akumulaatoriga. Kui mähis nii on mõni sekund voolu all seisnud, muutub terasetükk magnetiks. Soovitav on terasetükki magneetimise ajal puitvasarakesega kergelt koputada. Kogu tegevus võib tunduda meile praegu arusaamatuna, kuid seda selgemaks saab see hiljem, kui asume elektromagnetilisi aparaate ehitama.

Nüüd omame magneti ja võime hakata katsetama. Magneedime ühe hästi pika õmblusnõela kas eespool toodud viisil või magneti abil, libistades magnetiga joonisel 14 näidatud viisil üle nõela, üht nõela otsa magneti ühe, teist teise otsaga puudutades. Libistamise suund olgu nõela keskelt otsa poole. Torkame selle magneeditud nõela ots-

tesse korgitükikesed ja paneme ta suuremasse kaussi (mitte rauast) vette ujuma. Nõel pöördub ja jääb ühte kindlasse asendisse seisma. Nõel asetub, nagu teame, põhja-lõuna suunda. Nii oleme valmistanud enesele primitiivse kompassi. Üht nõela otstest, mis end kangekaelselt põhja suunas hoiab, nimetatakse põhjapooluseks ja tähistatakse tähega N, teist nõela otsa aga lõunapooluseks ja tähistatakse tähega S. Pooluste tundmiseks on kõige lihtsam märkida neid mõne värviga. Põhjapooluse tähistamiseks kasutatakse tavaliselt sinist värvi, lõunapooluse jaoks

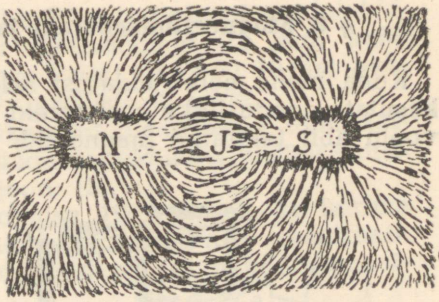


Joon. 15. Katse ujuva magnetnõelaga: a — külgvaade, b — pealtvaade.

punast. Kui oleme oma nõela poolused nii tähistanud, valmistame veel teise täpselt samasuguse magnetnõela. Kui asetada nõelad vette ujuma, põhjapoolused vastakuti, näeme, et nad tõukavad teineteist eemale. Kui asetame vastakuti aga ühe nõela N-pooluse teise nõela S-poolusega, tõmbuvad need teineteise külge. Sellest katsest võime järeldada, et i s e n i m e l i s e d poolused alati tõmbuvad külge, s a m a n i m e l i s e d aga tõukavad teineteist eemale. Selle magnetite omaduse tõttu on meil lihtne nüüd ära märkida ka oma magneti poolused.

Nüüd teostame järgmise katse (joon. 15). Paneme põigiti üle kausi kepikese, kepikese külge riputame kahe niidiga magneti nii, et ta jääks veepinnast veidi kõrgemale. Magneeditud õmblusnõela torkame õhukesse korki ja paneme vette püsti ujuma, põhjapoolus üleval. Kui nõel asetada magneti põhjapooluse ette, tõukub ta viimasest eemale ja

läheneb teatavat kõverjoont mööda lõunapoolusele. Olenevalt nõela algasetusest põhjapooluse ees, liigub ta veepinnal erinevaid kõveraid mööda (joonisel kriipsjoontega märgitud).



Joon. 16. Rauapuru magnetväljas.

Neid kõveraid, mis näitavad õieti ju magnetijõu mõjumise sihti, nimetatakse magnetvälja jõujoonteks, kuna ruumi magneti ümber, milles magnet oma mõju avaldab, nimetatakse magnetväljaks.

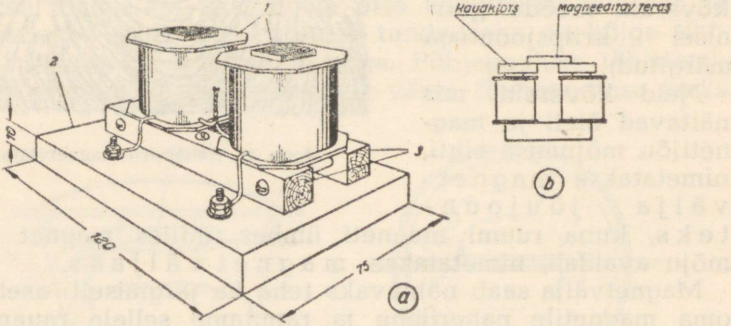
Magnetvälja saab nähtavaks teha ka järgmiselt: asetame oma magnetile paberilehe ja raputame sellele rauapuru. Rauapuru osakesed muutuvad kõik väikesteks magnetiteks. Kui paberile kergelt koputada, asetuvad nad kettidena magnetvälja jõujoonte suunas (joon. 16).

§ 7. Magneti jaotatavus.

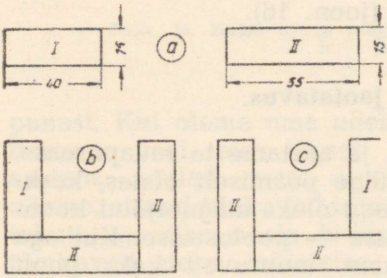
Magneedime jalgratta kodara ja asetame ta rauapurusse. Näeme, et rauapuru hakkab külge peamiselt otstes, keskkohas pole puru üldse. Näib, nagu oleks magnetjõud koondunud peamiselt magneti otstesse — poolustesse. Kui aga kodara keskelt pooleks lõikame, muutuvad kaks poolt omaette magnetiteks. Endine keskkoht, mis rauapuru külge ei tõmmanud, muutub nüüd uute magnetite otsteks. Need otsad kattuvad tugevasti rauapuruga. Vardaid edasi poolitades saame ikka jälle uued täiesti iseseisvad magnetid, milledel samuti nagu tervel kodaral on omad N- ja S-poolused. Nii võime kodarat jagada kuitahes väikesteks osadeks, ikka moodustavad nad iseseisvaid magneteid. Sellisel jagamisel on siiski piir, kui jõuame aine kõige väiksema, mehaaniliselt jaotamatu osakeseni — molekulini.

§ 8. Magneetimisaparaat ja selle valmistamine.

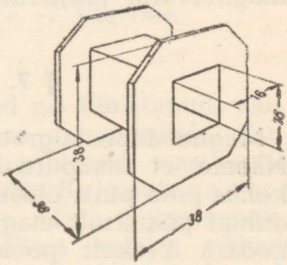
Kuna meile eelkirjeldatust selgus, et elektrotehnikas ei kasutata looduslikke magneteid, vaid kunstlikult, elektrivoolu abil tekitatud magneteid, siis vajame ka meie apa-



Joon. 17. Magneetimisaparaat.



Joon. 18. Magneetimisaparaadi elektromagneti südamiku valmistamine.



Joon. 19. Magneetimisaparaadi poolialus.

raati, millega oleks võimalik teostada magneetimist. Seepärast ehitame endale magneetimisaparaadi.

Aparaat (joon. 17 *a*) koosneb lihtsast kahe mähisega elektromagnetist *1* ja on mõeldud väiksemate terasetükkide magneetimiseks. Kui mähisest voolu läbi juhtida, muutub elektromagneti raudkeha tugevaks magnetiks.

Materjalid: *suurem tükk 0,5 mm paksust raudplekki, 250 g isoleeritud vasktraati läbimõõduga 0,5 mm, kaks kontaktklemmi, kaks mutritega kruvi M 4×50, 10 mm paksust vineeri, paar puidukruvi, puitliiste ja lakki.*

Joonisel 18 *a* kujutatud üksikuid plekiribasid tuleb lõigata küllaldasel hulgal ja laduda vaheldumisi üksteise otsa vastavalt joonistele *b* ja *c* (joon. 18).

Poolialused valmistame joonise 19 kohaselt ja kerime nad täis 0,5 mm-lise läbimõõduga isoleeritud vasktraati. Poolid ühendame järjestikku, kuid nii, et nende magnetväljad liituksid (vt. § 34).

Elektromagneti aluseks vajame puitplaati 2 ja tema alusele kinnitamiseks kaht puitliistu 3 (joon. 17). Liistud valmistame 100 mm pikkusest ja 15 mm paksusest lauakesest. Alustame kokkumonteerimisega.

Asetame mähised raudsüdamikule, otstükkidest väljatoodud juhtmetega allapoole. Kui mähised südamikul logisevad, lööme ettevaatlikult mähise ja südamiku vahele õhukese puitkiilu. Selle kiilu, õigemini küll puitlaastu lõikame noaga puidutüki servast. Raudsüdamiku alumise serva asetame nüüd puitliistude vahele. Liistud tõmbame kokku 4 mm-lise läbimõõduga kruvide ja mutritega nii, et magnet jääb tugevasti nende vahele kinni. Magneti kinnitame alusplaadile kahe puidukruviga läbi liistu keskmiste aukude. Mähiste otsad ühendame klemmide alla.

Magneetimisseadme jõuallikaks on galvaani elementide patarei. Üksikuid elemente vajame umbes 6—8 tükki ja ühendame need järjestikku (järjestikku-ühendus vt. § 25). Sobivaks vooluallikaks on ka 4—6-voldine akumulaator.

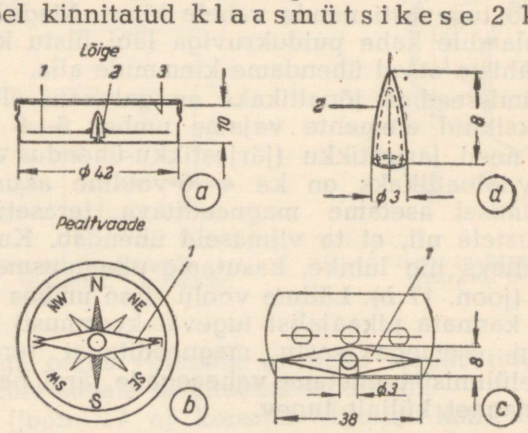
Magneetimisel asetame magneeditava terasetüki aparaadi poolustele nii, et ta viimaseid ühendab. Kui terasetükk on selleks liig lühike, kasutame pikendusmaterjalina raudklotse (joon. 17 *b*). Lülime voolu sisse umbes minutiks (patarei ei kannata pikaajalist tugevat koormust) ja koputame mingi esemega vastu magneeditavat terasetükki. Voolu sisselülimist toimetame vaheaegade järel paar korda, siis saab magnet küllalt tugev.

§ 9. Kompassi ehitamine.

Materjalid: *raseerimistera või tükk kellavedru, tükk 4 mm-lise läbimõõduga õhukeseseinalist klaastoru, õmblusnõel, vana kreemi- või salvikarp (mitte rauast), tükk läbipaistvat tselluloidi mõõdetega 50×50 mm, punast ja sinist emaillakki, tükk joonestuspaberit.*

Kompassinõela *1* (joon. 20) valmistame paksemast raseerimisterast või vana kellavedru tükist. Mõlemad, nagu teame, on karastatud terasest. Et neist nõelakujulist tükki välja lõigata, peame nad enne pehmeks tegema. Kuumutame terasetüki piirituslambi leegil punaseks ja laseme aeglaselt jahtuda. Pärast seda laseb terasplekk end kääridega lõigata. Enne nõela väljalõikamist puurime keskele augu läbimõõduga 3 mm, kuhu sobitame tihedalt klaasmütsikese *2*. Valmis magnetnõel tuleb nüüd uuesti karastada, sest karastatud teras säilib magnetilisena paremini kui karastamata. Kuumutame magnetnõela uuesti punaseks, kuid nüüd pistame ta kiirelt vette. Sel teel teras karastub. Nõela magneetimist toimetame varemkirjeldatud viisil.

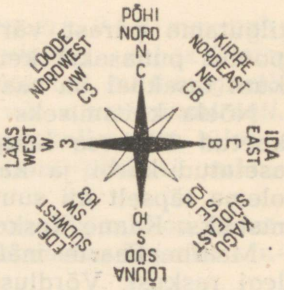
Nagu joonisel kujutatud kompassi läbilõikest nähtub, on magnetnõel kinnitatud klaasmütsikese *2* külge, mis



Joon. 20. Kompass: *a* — külgvaate läbilõige, *b* — pealtvaade, *c* — raseerimisterast nõela valmistamine, *d* — klaasmütsike.

omakorda toetub õmblusnõelast teravikule.

Joonisel kujutatud 8 mm kõrguse klaasmütsikese valmistame sel teel, et tõmbame § 4 h kirjeldatud viisil klaastoru otsa teravaks. Murrame üleliigse, peene klaasniidi ära ja sulatame otsa leegil kinni. Nüüd lõikame (vt. § 4 h) selle klaastoru otsast soovitud pikkuses maha. Saamegi mütsikese.



Joon. 21. Kompassi maailmakaared.

Valmis mütsikese alumise serva hõõrume liivapaberil tasaseks, asetame magnetnõela mütsikese otsa õigele kõrgusele (1 mm alumisest servast) ja kinnitame ta sinna tilga paksema laki abil.

Teraviku, millel magnetnõel võib vabalt pöörelda, valmistame õmblusnõelast. Murrame nõela otsa 8 mm pikkuselt maha. Selleks keerame nõela nii kruustangide vahele, et ta 8 mm pikkuselt välja ulatuks; lamemokk-tangidega nõela väljaulatuvat osa veidi edasi-tagasi painutades murdub nõel soovitavast kohast. Ülejäänud nõela osa kasutame kompassi karbi põhja augu löömiseks, kuhu hiljem teraviku kinnitame.

Augu löömiseks asetame karbi kummuli, põhjaga ülespoole, puitklotsile (karbi keskkoht peab olema täpselt märgitud). Tõmbi otsaga nõelatükki kasutame nüüd augurauana ja lööme tema abil karbi põhja väikese augu, kuhu meie teravik täpselt sisse mahuks. Tugevamaks kinnitumiseks paneme kinnituskohale paar tilka sula kirjalakki. Kontrollime, kas nõel asub püstloodis, ja laseme siis lakil täiesti hanguda. Siinkirjeldatud kompassi karbiks on kasutatud üht levinumat alumiiniumist kreemikarpi. Vaskkarbi korral võib teraviku karbi põhja külge joota. Raudkarbi kasutamine ei ole võimalik tema magnetiliste omaduste tõttu.

Skaala valmistame joonestuspaberist ja kinnitame karbi põhjale jällegi lakiga. Kui skaala on kohal, asetame magnetnõela teravikule. Arvatavasti selgub nüüd, et üks nõela ots vajub madalamale kui teine. Nõela tasakaalustamiseks

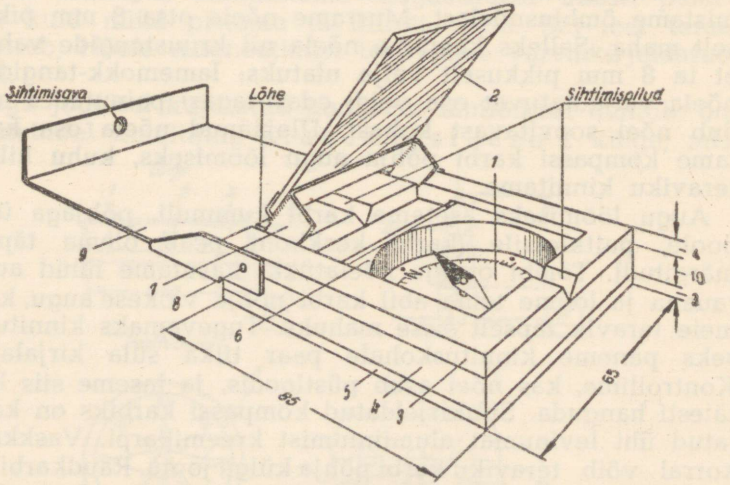
tilgutame pärast värvimist (põhjapoolus siniseks, lõunapoolus punaseks) kergemale poolele tilga või paar lakki, kuni tasakaal on saavutatud.

Nõela kaitsmiseks tolmu ja vigastumise vastu on karp kaetud õhukese läbipaistva tselluloidkattega *3*, mis on asetatud karbi ja kaane vahele. Loomulikult peab ketas olema täpselt nii suure läbimõõduga, et ta karbi kaanesse mahuks. Kaane keskosa on välja saetud.

Maailmakaarte määramine kompassi abil ei tee kellelegi raskusi. Võrdluseks on toodud joonisel 21 maailmakaarte mitmesugused nimetused.

§ 10. Matkaja kompass ja selle ehitamine.

Käesolevaga kirjeldame ühe matkajale väga tarviliku seadme, nn. matkaja kompassi ehitamist. Selle valmistamine on igale jõukohane. Olles kompassiks, on seadis samal

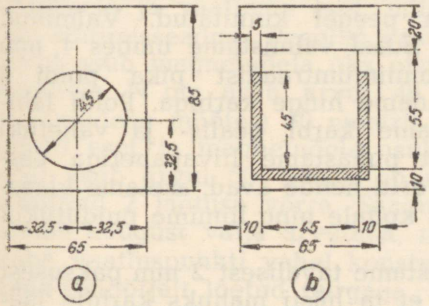


Joon. 22. Matkaja kompass.

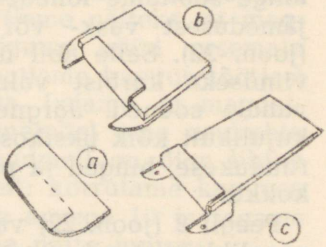
ajal ka kaugusmõõtjaks, taskupeegliks ja, kui taevast vaatab lahke päike, ka taskukellaks. Seega ideaalne reisikaaslane igale matkajale.

Materjalid: *10 mm paksust vineeri, 2—3 mm paksust vineeri, 4-kihilist 4 mm paksust vineeri, umbes 2 mm paksust klaasi (aknaklaas), 0,5 mm paksust mittemagnetilist metalli, 1 mm jämedust vask- või alumiiniumtraati, 2 mm paksust peegliklaasi, 5 mm laiune kellavedru tükike, 3—4 mm läbimõõduga klaastoru, 10 mm pikkusi puidukruve.*

Seadise põhiosaks on kompass *1* (joon. 22), mis on varustatud kohase skaalaga kauguse arvutamiseks. Teiseks olulisemaks osaks on peegel *2*.



Joon. 23. Matkaja kompassi karbi valmistamine.



Joon. 24. Hingede valmistamine: *a* — hingede valmistamiseks väljalõigatud plekk, *b* — painutamine, *c* — hingesse kinnitatud peegel.

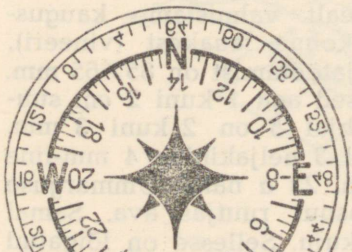
Algame ehitamisega. Kõigepealt valmistame kaugusmõõtja karbi. Selleks vajame kolme lauakest (vineeri), mille mõõted pärast lõplikku väljatöötamist on 85×65 mm. Väljatöötamiseks võtame lauakesed aga 1 kuni 2 cm suuremad. Lauakeste paksused põhjal *5* on 2 kuni 3 mm, vahetükil *4* 10 mm ja pealistükil *3* neljakihine 4 mm-line vineer. Vahetüki *4* kuju on joon. 23 *a* näha. Ümmarguse ava asemel võib olla ka samasuur ruutjas ava. Samal joonisel *b* näeme ka pealistüki kuju. Sellesse on lõigatud ristkülikuline ava. Joonisel viirutusega näidatud osas lõikame noa otsaga välja kaks kihti. Tekkinud süvisesse mahutame 2 mm paksuse klaasist ruudukese *6* (joon. 22). Klaasi lõikamiseks sobib hästi nii ampulli-viil kui ka tavalise viili murdekant.

Töödeldud puidutükid lööme ajutiselt servadest peenikeste naeltega karbiks kokku. Pealmise tüki asetame nii, et klaasruut jääks sissepoole. Kolmnurga abil tõmbame karbile jooned, millede järgi üleliigsed servad maha lõikame. Enne aga kui servi lõikama hakkame, saeme karbisse veel lõhed (joon. 22), milledesse sobiksid peegli hinged 7 (joon. 22).

Hinged valmistame 0,5 mm paksusest mittemagnetilisest plekist joon. 24 järgi, kus *a* kujutab plekitükki, millest hinge välja painutame. Painutamiseks kasutame 2 mm paksust plekitükki (vt. *b*). Samal joonisel *c* näeme valminud hinge, millesse juba peegel kinnitatud. Valminud hinge sobitame lõhedesse. Edasi valmistame umbes 1 mm jämedusest vask- või alumiiniumtraadist pika poldi 8 (joon. 22). Selle abil ühendame hinge karbiga. Poldi läbiviimiseks karbist valmistame karbi pealis- ja vahetüki vahele sooned. Järgnevalt puhastame liivapaberiga eeskujulikult kõik üksikosad, eriti nende avad, asetame klaasruudukese, hinged ja poldi kohale ning liimime puidutükid kokku.

Peegli 2 (joon. 22) valmistame tavalisest 2 mm paksusest peegliklaasist nii suurena, et ta hästi mahuks karbile jäänud ristkülikukujulisse süvisesse. Peegli kitime hingesse sula maarjasega.

Karbi katte 9 (joon. 22) valmistame plekist ja ühendame karbiga eelpoolmainitud poldi abil. Edasi varustame karbi sihtimisseadmega. Selleks on väljalõiked karbil ja ava kaanel (vt. joon. 22).



Joon. 25. Matkaja kompassi skaala.

Seadme skaala (joon. 25) valmistamisel kasutame head joonistuspaberit ja võimalikult tušši. Kauguse arvutamiseks vajame skaala välimist jaotust — 0 kuni 64. Selle jaotuse numbreid jälgime peeglist. Et neid peeglist vaadates aga päripidi näeksime, on nad skaalal kirjutatud tagurpidikirjas.

Skaala sisemist jaotust 1-st kuni 24-ni on tarvis seadme kasutamisel taskukellana.

Valminud skaala kleebime aluslauale nii, et N—S suund ühtiks sihtimisseadme suunaga. Skaala keskpunkti aluslauasse lööme nõelateraviku. Viimasele asetame kellavedrust või raseerimisterast valmistatud kompassinõela. Selle valmistamist on kirjeldatud eelmises paragrahvis. Magnetnõela ava varustame klaasmütsikesega. Klaasmütsikese valmistame 3—4 mm läbimõõduga klaastorukesest 5 mm kõrguse.

Kaugusmõõtjaga mõõtmisel asetame aparaadi silmade kõrgusele ja vaatleme eset, mille kaugust tahame mõõta, läbi sihtimisseadme. Peeglist vaatame seejuures, missugusel arvul asub magnetnõela üks otsi. Ütleme näiteks, et magnetnõela N ots asub arvul 48. Liigume nüüd vasemale (sammudega mõõtes) 50 meetrit. Vaatleme kaugusmõõtjast uuesti eset ja magnetnõela asukohta. Leiame, et magnetnõel asub arvul 50. Seega on magnetnõel oma asukohta muutnud 2 jaotuse võrra. Saadud andmeil on õige lihtne eseme kaugust välja arvutada, nimelt: korrutame kauguse kahe vaatluspunkti vahel konstantse arvuga 10 ja jagame kaugusmõõtjalt loetud nurgaga. Meie näite juures:

$$\text{eseme kaugus} = \frac{10 \cdot 50}{2} = 250 \text{ meetrit.}$$

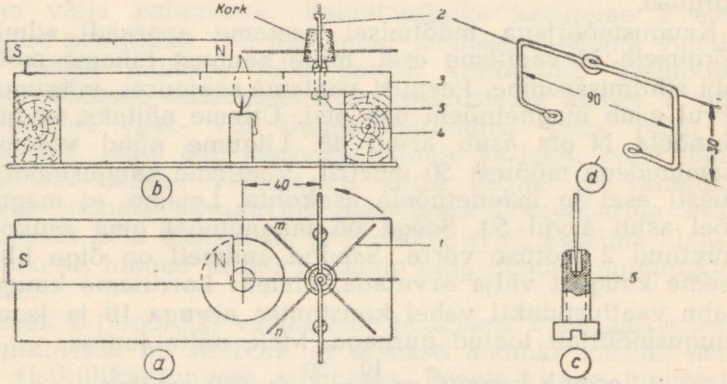
Et aparaat on kasutatav ka kompassina ja taskupeeglina, on igale ilmselt selge. Kuidas teda kasutada aga taskukellana? Sellena saame teda kasutada ainult päikesepaistese ilmaga. Suunates seadme tähise S päikese poole, näitabki magnetnõela N ots aparaadi skaala sisemisel ringil märgitud kellaaegu meie ajaarvamise järgi.

§ 11. Magnetmootori ehitamine.

Raud kaotab hõõguma kuumutatult magnetilised omadused. See teadmine võimaldab meil ehitada magnetmootori.

Materjalid: *terasmagnet, 0,5 m terastraati läbimõõduga 0,5 mm, 0,3 m metalltraati läbimõõduga 1,5—2 mm, kolm 3 mm-lise läbimõõduga kruvi mutritega, pudelikork, pikem õmblusnõel, tükk 5 mm paksust vineerplaati, paar puitklotsi.*

Pudelikorgi külge on torgatud ümberringi korrapäraselt kaheksa peenikest 40 mm pikkust raudtraati (joon. 26). Pikuti läbi korgi on torgatud õmblusnõel. See on meie r o o t o r — pöörlev osa *1*. Nõela teravik toetub kruvile 5, mille otsa on selleks puuritud auk läbimõõduga 1,5 mm. Nõela ülemise otsa toetamiseks on jämedamast traadist valmistatud tugi *2*. Toele on ülemise sirge osa keskele keeratud ühekordne aas. See ongi nõela ülemiseks laagriks. Traattoe kinnitame 3 mm-lise läbimõõduga kruvi abil alus-



Joon. 26. Magnetmootor: *a* — pealtvaade, *b* — külgvaade, *c* — nõela-teraviku asend kruvil, *d* — tugi.

plaadile 3. Ülemine ja alumine laager asugu täpselt kohastikku, et rootor asetseks neis täiesti vertikaalselt ja liiguks ümber oma telje kergelt ja takistusteta. (Mootori võimsus on üsna väike.) Alusplaadil asub ka terasmagnet, ühe poolusega rootori poole. Magneti asend olgu võimalikult sama, mis jooniselgi, muidu võib mootor hakata tõrkuma. Magneti alla tuleb asetada pappribakesi, et tõsta teda kõrgemale, rootori varbade kõrgusele.

Rootori raudvarbade kuumutamiseks küünla või piirituslambi abil on alusplaadis auk läbimõõduga 30 mm, kuna kuumutusseadme mahutamiseks on kogu mootor asetatud kahele puitklotsile *4*.

Kui aparaat on valmis, süütame küünla ja asetame ta

alusplaadi alla augu kohale nii, et leek kuumutaks magneti ees oleva varda otsa (mitte aga magnetit). Kui varda ots hakkab hõõguma, näeme, et ta liigub pooluse eest ära ja teine, külm varras, ilmub asemele. Varva hõõgustumine toimub kiiresti, seetõttu liigub rootor vahetpidamata. Miks? Hõõguv varras kaotab, nagu varem öeldud, oma magnetilised omadused, magnet ei tõmba teda enam külge, küll aga tõmbab magnet külmi kõrvalvardaid *m* ja *n*. Et neist varras *m* on magnetile lähemal, tõmbub see pooluse juurde, hõõgustub omakorda ja liigub jällegi edasi.

ELEKTROSTAATIKA.

§ 12. „Hõõrdumiselekter".

Kuivi puhtaid juukseid kammides kuuldub kammimisel nõrka raginat ja juuksed tõusevad kammi lähendamisel püsti. Sama võite mõnikord näha ja kuulda ka kassi silitades. Kui teete seda pimedas, siis näete veel ka väikesi sädemekesi. Need on elektrinähtused. Nende nähtuste põhjuseks on, et esemed saavad hõõrdumise tagajärjel elektrilaengu.

Hõõrdumiselektri nähtusi panid paar tuhat aastat tagasi juba vanad kreeklased tähele. Nad märkasid, et kui merevaiku hõõruda villase lapiga või karusnahaga, siis merevaik hakkab tõmbama enda külge kergeid esemeid, nagu korgitükke, laastukesi, karvakesi jne. Kreeka keeles on merevaik elektron. Sellest on siis ka meie päevil tuletunud sõna elekter.

Huvitav on teada, et hõõrumisel saadav elekter, millest tänapäeval veel vaid koolides kõneldakse ja mis lastele on huvitavaks mänguobjektiks, umbes 150 a. tagasi oli ainukeseks tuntud elektrinähtuseks. Hõõrdumiselektri nähtuste uurimisega tegelesid tähtsad mehed, nagu akadeemik M. V. Lomonossov, Peterburi Teaduste Akadeemia liige Aepinus jt.

Hõõrdumiselektri nähtustega tutvumiseks korraldame meiegi mõningaid katseid. Katseteks vajame järgnevaid esemeid ja seadmeid:

elektroskoop,
kaks elektripendlit,
kaks klaastoru (-pulka, lambiklaasi),
kaks eboniit- või väävlipulka, ka kummikamm,
siidriiet (siidsukk),
villast riiet,
teeklaas,
metalljoonlaud,
puidust (kuiv) kepp,
klaasplaat, mõõdetega umbes 150×300 mm,
elektripirn (soovitav süsiniitpirn),
kaks suhkrutükki,
parafiini, traati, kergeid esemeid: sulgi, korgitükke, puidulaaste jne.

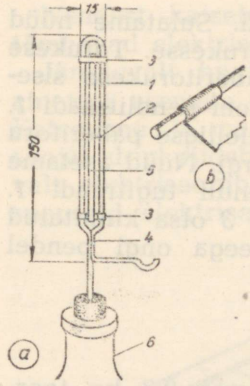
Katsed õnnestuvad hästi soojas kuivas ruumis. Vajalikud katsevahendid valmistame ise.

§ 13. Elektroskoop.

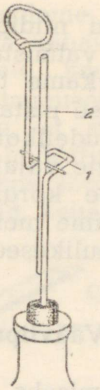
Elektrilaengu olemasolu kehal tehakse kindlaks elektroskoobiga. See on lihtne riist (vt. joon. 27 ja 28). Kui elektroskoobi metallosa *1* (joon. 28) puudutada elektriseeritud kehaga, siis laadub elektroskoop ja selle osuti 2 teeb hälve. Edaspidi näeme, et elektroskoop on vajalik veel teistegi katsete teostamiseks, seepärast asumegi teda valmistama.

M a t e r j a l i d: *jämedamat metalltraati, 0,2—0,3 mm paksust plekki, nööpnõel, pudelike kummikorgiga, õlekõrs.*

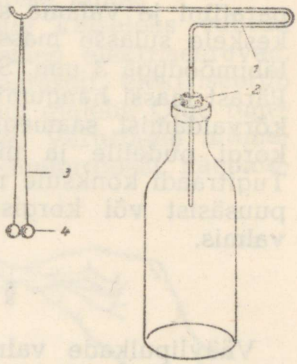
Traadi *1* painutame joonisel 27 näidatud kujuliseks. Painutatud traadi keskosasse lööme kärnikesed (lohukesed) 2. Nendesse surume peata nööpnõelast valmistatud telje. Kärnikestest võrdsele kaugusele kinnitame plekist valmistatud kaks 5 mm laiust klambrikest *3*, rullides nende otsad tihedalt traadi ümber (joon. 27 *b*); võib ka joota. Üks klambreist kinnitatakse ettepoole, teine tahapoole. Alumises osas *4* (joon. 27 *a*) viilime traadid seestpoolt 10 mm pikkuselt tasapinnaliseks, et saada head ühendust traadipoolte vahel. Kuivanud, kergest õlekõrrest lõikame 110 mm pikkuse osuti *5*, mille keskpunktist torkame nööpnõelast valmistatud paraja pikkusega telje läbi. Asetame õle-



Joon. 27. *a* — elektroskoop, *b* — klambrikese kinnitamine traadile.



Joon. 28. Lihtsalt valmistatav elektroskoop.



Joon. 29. Elektripendel.

kõrre — elektroskoobi osuti — kohale, surudes nööpnõela kärnidesse. Õlekõrre alumine ots peab õige vähe raskem olema, et ta püstloodis hoiduks. Seega on ka elektroskoop valmis ja me kinnitame ta kummikorgiga varustatud isoleerivale alusele — klaaspudelile *6*. Veelgi lihtsamalt võime valmistada elektroskoobi joonisel 28 kujutatud viisil. Selleks kasutame samuti jämedat traati, kummikorki, nööpnõela, pudelit ja õlekõrt. Õlekõrrest valmistatud osuti keskpunktist torkame nööpnõela läbi ning asetame komplekti joonisel näidatud viisil pudelile.

§ 14. Elektripendel.

Materjalid: *umbes 0,7 m traati läbimõõduga 3 mm, metallniiti (sobib ka niiske puuvillniit), puusäsi või korgitükikesi, kaks kõrgemat pudelit, parafiini.*

Valmistame kaks joonisel 29 kujutatud elektripendlit. Kummalegi pendlile vajame 0,35 m traati *1* ja pendli pudelile asetamiseks parafiinist või kummist korki *2*. Hea isolatsiooniga korgi valmistame järgmiselt. Võtame kirjutuspaberit ja rullime tavalise pudelikorgi ümber kahe korgi

kõrguse toru. Seome toru niidiga kinni. Sulatame nüüd parafiini ja valame selle valmistatud torukesse. Torukese keskele sulasse massi torkame teise paberitorukese siseläbimõõduga 3 mm. Sellesse pistame hiljem pendlitraadi *1*. Pärast massi hangumist, pudelikorgi ja üleliigse paberitoru kõrvaldamist, saameqi meile vajaliku korgi. Nüüd asetame korgi pudelile ja pistame korgisse pendli tugitraadi *1*. Tugitraadi konksule riputame metallniidi *3* otsa kinnitatud puusäsist või korgist kuulikesed *4*. Seega ongi pendel valmis.

§ 15. Väävlipulgad.

Väävlipulkade valmistamiseks muretseme 0,3 kg toorväävlit ja kaks 0,4 m pikkust peenikest puitpulka.

Umbes 350 mm pikkusest ja 200 mm laiusest paberist, mille immutame sula küünlarasvaga, valmistame valuvormi 15 mm läbimõõduga ümmarguse kepikese või toru ümber. Vormi suleme ühest otsast korgiga. Vormi keskele asetame puitpulga. Vanas konservikarbis sulatame väävli. Sula väävli valame varemvalmistatud valuvormi. Pärast väävli hangumist ja paberi kõrvaldamist ongi eeskujulik katseabinõu valmis.

§ 16. Katseid.

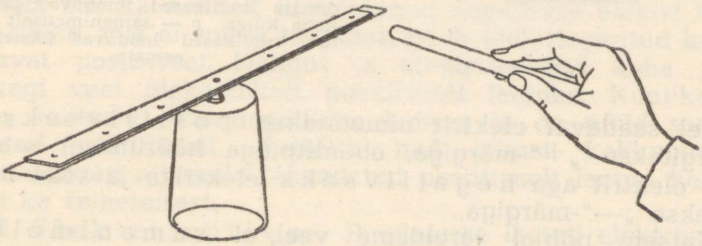
a. Elektriseerimata kehade külgetõmbumine. Kõigepealt varustame elektriseeritavad esemed, näiteks klaastoru, eboniitpulga, väävlipulga jne., kuivast paberist käepidemetega.

Elektriseerime nüüd klaastoru, seda siidriidega hõõrudes. Hõõruda ei ole tarvis kaua. Lähendame hõõrutud toru kergetele esemetele: need tõmbuvad klaastoru külge. Samuti tõmbuvad kerged esemed villase riidega hõõrutud eboniitpulga, kummikammi, väävlipulga jms. külge.

Aga mitte ainult kerged esemed, vaid isegi jalutuskepp, kui ta asetada tooli seljatoele liikuvalt, tõmbub külge. Samuti tõmbub külge metalljoonlaud, mis on asetatud klaasi põhjale (joon. 30). Seebimullid, samuti suled järgnevad elektriseeritud esemetele.

Nendest katsetest järeldame, et elektriseeritud kehad tõmbavad elektriseerimata kehasid enese külge.

Järgnevalt huvitab meid, kas peale katseteks valitud ainetest esemete ka teistsugused esemed elektriseeruvad. Katsetame ja me leiame, et suurepäraselt elektriseerub soojal ahjul riideharjaga hõõrutud kuiv ajaleht. Õige tugevalt elektriseerub kuiv soe fotopaber. Varustame mitmesuguseid elektriseeritavaid kehasid kummiriidest käepide-



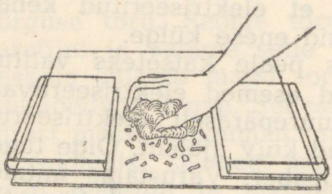
Joon. 30. Metalljoonlaud teeklaasi põhjal tõmbub elektriseeritud eseme külge.

mega. Hõõrume neid mitmekesiste vahenditega ja lähendame siis elektroskoobile. Hulgalised katsed tõestavad, et kõiki elektrit mittejuhtivaid kehi on võimalik hõõrumise teel elektriseerida.

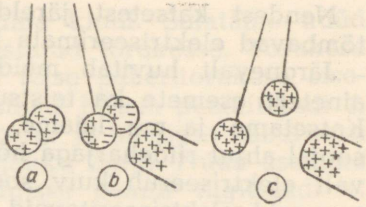
b. Positiivne ja negatiivne elekter. Asetame pudeli küljeli. Elektriseerime kaks klaastoru. Ühe toru asetame risti pudelile, teist lähendame pudelil olevale. Pudelil olev klaastoru eemaldub. Katsetame samuti kahe eboniidist, kahe väävlist esemega. Näeme ikka tõukumist. Tõukumist märkame ka siis, kui elektriseeritud eboniitpulgale lähendame elektriseeritud väävlipulka.

Kui lähendada aga elektriseeritud klaastorule elektriseeritud eboniitpulka, väävlipulka, postkaarti või kammi, siis märkame külgetõmbumist.

Sääraste katsete põhjal järeldati ammu juba, et on olemas kahesugune elekter: ühelt poolt klaaspulga hõõrumisel tekkiv elekter ja teiselt poolt eboniitpulga, väävli, merevaigu jne. hõõrumisel tekkiv elekter. Klaasi hõõru-



Joon. 31. Katse elektriseeritud klaasplaadiga.



Joon. 32. *a* — laadimata kuulikesed asetsevad üksteise kõrval, *b* — laadimata kuulikesed tõmbuvad laetud keha külge, *c* — samanimeliselt laetud kuulikesed hoiduvad üksteisest eemale.

misel saadavat elektrit nimetatakse positiivseks ja märgitakse „+"-märgiga, eboniitpulga hõõrumisel saadavat elektrit aga negatiivseks elektriks ja seda märgitakse „—"-märgiga.

Katsete põhjal järeldame veel, et samanimelise elektriga laetud kehad tõukuvad ja isenimelise elektriga laetud kehad tõmbuvad.

Neid katseid võib korraldada veel elektripendliga. Lähendades elektriseeritud klaastoru elektripendlile, tõmbuvad selle kuulikesed algul klaaspulga külge, siis aga tõukuvad eemale. Samuti hoiduvad kuulikesed ka teineteisest eemale.

Huvitavat tantsisklevat liikumist näeme järgmise katse puhul. Asetame kahele paksemale raamatule puhta aknaklaasi. Klaasi alla paneme aga mitmesuguseid kergeid esemeid (joon. 31). Kui me hõõrume klaasi siidsukaga, hakkavad esemed üles-alla hüplema.

Põhjus: hõõrumisel elektriseeruv klaas tõmbab neutraalseid esemeid enese külge. Puudutades klaasi, need esemed elektriseeruvad klaasi elektriga ja tõukuvad nüüd nii samanimeliselt elektriseeritud klaasist kui ka üksteisest eemale. Puudutades lauda, kaotavad nad oma elektrilaengu ning tõmmatakse uuesti klaasi külge jne.

c. Elektri liikumine. Teostatud katsed näitavad meile, et elekter kandub ühtedelt kehadelt teistele.

Vaatleme joonist 32 *a* — elektriseerimata kuulikesed

seisavad rahulikult teineteise kõrval. Nad on neutraalsed. Nende positiivne ja negatiivne elekter on omavahel tasakaalus. Lähendades aga kuulikestele positiivselt laetud keha (joon. 32 *b*), tõmbub kuulikeste negatiivne elekter isenimeliselt laetud kehade vastastikuse tõmbumise tõttu koos kuulikestega elektriseeritud keha suunas. Joon. 32 *c* — kuulikesed puudutasid positiivselt laetud keha. Nende negatiivne elekter voolas üle laetud kehale. Et aga kuulikesed on elektriseeritud kehaga võrreldes väikesed, siis ka nendelt ülevoolanud negatiivse elektri hulk on väike, mis ei suuda tasakaalustada elektriseeritud kehal asuvat positiivset laengut ja elektriseeritud keha jääb ikkagi veel ülekaalukalt positiivselt laetuks. Kuulikesed aga kaotasid oma negatiivse laengu ja on nüüd samuti laetud positiivselt. Seetõttu nad pärast kokkupuudet eemalduvad nii neile lähendatud positiivselt laetud kehast kui ka teineteisest.

d. Elektrijuhtivus. Puudutame laetud elektripendlit või elektroskoobi metallvarba sõrmega — katseriistad kaotavad kohe oma elektrilaengu. Puudutades neid aga kas eboniit-, klaas- või väävlipulgaga, näeme, et nii elektripendel kui ka elektroskoop säilitavad oma laengu. Puudutades aga laetud katseriistu ükskõik millise metallvarvaga, märja klaasiga, toore taimeosaga, kaob jälle elektrilaeng.

Sellest järeldame: metallid, loomne ja ka taimne organism, vesi (destilleerimata) juhivad elektrit, nad on nn. elektrijuhid; klaas, kummi, väävel, portselan, kirjalakk, šellak jne. on aga mittejuhid.

Hea katse, mis näitab suurepäraselt metallide elektrijuhtivust, võime korraldada kahe elektripendliga. Elektriseerime ühe pendli. Lükkame nüüd laetud ja laadimata pendli metallosad *1* (joon. 29) teineteisega kokkupuutesse. Kohe tõukuvad laadimata pendli kuulikesed teineteisest eemale, kuna laetud pendli kuulikesed kaotavad osa oma elektrilaengust: nad langevad pisut koomale.

e. Indutseeritud elekter. Lähendame elektroskoobile elektriseeritud keha — elektroskoop laadub. Viime elektriseeritud keha eemale — elektroskoop kaotab laengu. Lähendame elektriseeritud klaastoru elektripendli

metallvarvale. Puudutame sõrmega pendlit. Eemaldame samaaegselt nii sõrme kui ka klaastoru pendlist. Me näeme, kuulikesed ei lange enam kokku, vaid tõukuvad eemale. See tähendab: pendel on laetud. Aga kuidas elektriseerusid kuulikesed? Klaastoruga me kuulikesi ega ka pendlit ei puudutanud. Me puudutasime pendlit sõrmega. Kas meie sõrm laadis nad? Uurime pendli laengut. Lähendame laetud klaastoru pendlile; kuulikesed langevad koomale ja tõmbuvad klaastoru külge. Tähendab pendel on laetud negatiivse elektriga. Kas sõrm oli siis samuti negatiivse elektriga laetud, millest puudutamisel negatiivne elekter voolas pendlisse? Tõeliselt on olukord järgmine. Elektriseeritud positiivse keha lähendamisel viidi pendel tervikuna tasakaalust välja. Pendli negatiivne elekter voolas pendli sellesse ossa, mis oli positiivselt laetud keha lähedal. Eemalseisvad pendli osad omasid nüüd ainult veel positiivset elektrit. Pendli sõrmega puudutamisel voolas (tõmbus) maast nüüd pendlisse nii palju negatiivset elektrit juurde, et pendel jälle tasakaalustus ja kuulikesed rahulikult teineteise juurde seisma jäid. Et pendel pärast sõrme ja positiivselt laetud keha samaaegset eemaldamist omas negatiivset laengut, tuleb sellest, et pendel sai maast juurde negatiivset elektrit ja muutus seega negatiivselt laetuks.

Korraldame veel katse kahe elektripendliga. Asetame need metallosadega teineteise vastu ja lähendame ühele pendli konksule laetud väävlipulga: mõlema pendli kuulikesed tõukuvad eemale. Eemaldame nüüd laetud eseme ja samal ajal ka pendlid teineteisest: pendlid jäävad laetuks. Kontrollides laetud elektroskoobiga kuulikeste laenguid, leiame, et selle pendli laeng, mis asus väävlipulga läheduses, on positiivne, kaugemal seisva pendli laeng aga negatiivne.

Eespoolkirjeldatud viisil kujunenud elektrilaengut nimetatakse *indutseeritud elektriks*.

Kui me hõõrdumiselektri katseid korraldame küllalt vaikses ruumis, siis kuuleme raginat. Korraldame neid katseid aga pimedas toas, siis näeme veel ka väikesi sinakaid, helendavaid sädemekesi.

f. *Ootamatud sädemed*. Kui kiviga lüüa raua

pihta, kui kaht terasetükki teineteise vastu taguda, tekivad sädemed. Seda on teie hulgast igaüks näinud. Need sädemed on metallitükilt vabanenud tugeva löögi ja hõõrdumise tagajärjel hõõguma hakanud metalli osakesed. Võib teist keegi aga arvata, et kõva tükksuhkur tugeva hõõrumise tagajärjel samuti sädemeid annab? Katsetage seda pimedas toas! Võtke kaks suhkrutükki ja hõõruge neid tugevasti teineteise vastu. Sädelemise põhjuseks ei ole siin mitte hõõguvad suhkrukübemekesed, vaid hõõrumisel kujuneva elektrilaengu tagajärjel lenduvad suhkruosakesed.

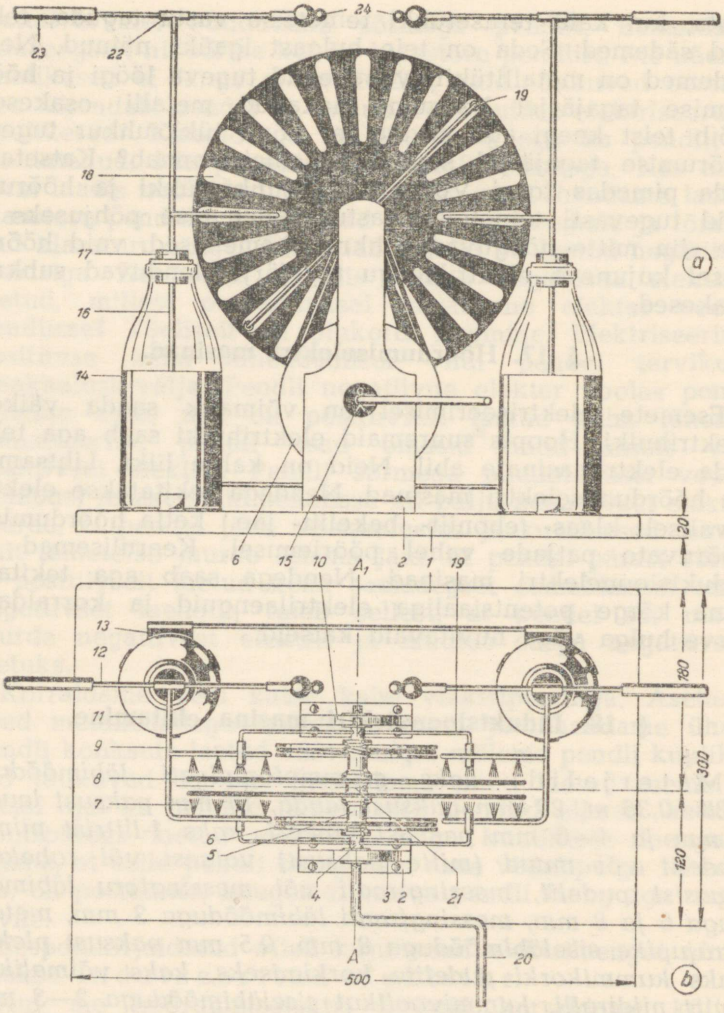
§ 17. Hõõrdumiselektri masinad.

Esemete elektriseerimisel on võimalik saada väikesi elektrihulki. Hoopis suuremaid elektrihulki saab aga tekitada elektrimasinate abil. Neid on kahte liiki. Lihtsamad on hõõrdumiselektri masinad. Nendega tekitatakse elekter tavaliselt klaas- (eboniit-, bakeliit- jne.) ketta hõõrdumisel hõõruvate patjade vahel pöörlemisel. Keerulisemad on induktsioonelektri masinad. Nendega saab aga tekitada üsna kõrge potentsiaaliga elektrilaenguid ja korraldada terve hulga väga huvitavaid katseid.

§ 18. Induktsioonelektri masina ehitamine.

Materjalid: *kaks grammofoniplaati läbimõõduga 0,30—0,36 m, 20 mm paksust lauda, 10 mm paksust lauda, 3 mm ja 4—6 mm paksust vineeri, kaks 1-liitrist piimapudelit või muud (mitte paksust) valgest või rohekast klaasist pudelit, messingtraati või messingtoru läbimõõduga 6 ja 8 mm, messingtraati läbimõõduga 3 mm, metalltorujupike siseläbimõõduga 8 mm, 0,5 mm paksust plekki, kaks kummikorki pudelite korkimiseks, kaks võimalikult suurt niidirulli, kummivoolikut siseläbimõõduga 2—3 mm, 1,5 liitrit metallipuru, 1,5 m kumminööri läbimõõduga 5 mm, tinapaberit, näärikuuse metallkarda, 10-ne, 20-ne ja 30-ne mm pikkusi puidukruvisid.*

Aluslauale *1* (joon. 33) tugiliistude *2* vahele on hoolikalt



Joon. 33. Induktsioonelektri masin: *a* — eestvaade, *b* — pealtvaade.

kinnitatud kaks laagerpukki *3*. Laagerpukkide ülemistele otsadele toetub ketaste telg *10*. Sel teljel asub kergesti pöörlevalt kaks suurt ketast-grammofoniplaati *8*. Need ongi elektri tekitajad. Ketastel kujunev elektrilaeng kogutakse harjakeste *7* kaudu kogujatesse *9*. Kogujatest voolab ta edasi suurtesse tinapaberiga kaetud pudelitesse — kondensaatoritesse *14*. Ühte kondensaatorisse koguneb positiivne, teise negatiivne elekter. Säde tekitatakse liikuvate konduktorite *12* nuppude *24* vahel.

Elektri tekitamisel on väga tähtis osa nn. neutraliseerijail *19*. Need asuvad liikumatult ketta teljel, üks paar ühel pool, teine paar teisel pool kettaid. Paarid on asetatud teineteise suhtes ristamisi. Neutraliseerijate kaudu kõrvaldatakse ja neutraliseeritakse ketastelt teatud elektrilaeng, nii et ketastele jääb kummagi koguja ette alati ainult üht ja sama liiki elekter.

Kettad pannakse liikuma vändale *20* kinnitatud suurte rihmarataste *6* abil. Need rihmarattad on rihmade abil ühendatud väikeste rihmaratastega *5*, mille külge on tugevasti liimitud suured kettad.

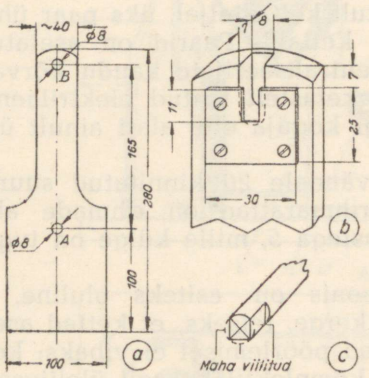
Kogu seadise konstruktsioonis on esiteks oluline, et ketaste liikumine oleks hästi kerge, teiseks, et kettad asetseksid õige ligistikku ja et nad pöörlemisel ei vibaks; kolmandaks ei tohi olla koguja komplektil kusagil üleliigseid teravikke, millede kaudu elekter väga kiiresti õhku hajuks.

Ehitamisele asudes määrame kindlaks töö järjekorra, mis võimaldab meil üksikosi otstarbekohaselt kohale monteerida.

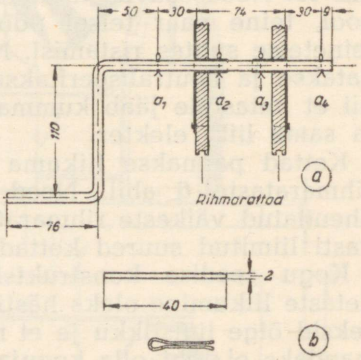
A l u s l a u a *1* (joon. 33) valmistame 20 mm paksusest lauast joonisel 33 antud mõõdete järgi ja töötleme ta täpseks ristkülikuks. On aluslaud valmis, tõmbame talle telgjoone AA_1. See telgjoon jagab masina kaheks sümmeetriliseks pooleks.

L a a g e r p u k i d *3* (joon. 33) valmistame 10 mm paksusest lauast joonisel 34 *a* antud mõõdete järgi. Pukkidele puurime kohas *A* augud läbimõõduga 8 mm ja kohas *B* puurime sama suure läbimõõduga 7 mm sügavused süvised. Ühel pukkidest kohas *B* tehtud süvise lõikame kuni puki servani välja (joon. 34 *b*). Süvise kaudu on lihtne ketaste telge masinasse asetada. Et hiljem valmistatav

ketaste telg kindlalt paigal püsiks, kinnitame nelja 10 mm pikkuse puidukruviga samale pukile süvise alla 0,5 mm paksusest plekist ristkülikukujulise väljalõikega plaadi (joon. 34 *b*). Plaadisse tehtud väljalõike alumise külje pikkus oleneb ketaste telje jämedusest (joon. 34 *c*). Seepärast tuleb plaat valmistada ja kohale sobitada pärast ketaste telje valmimist. Pärast puhastamist, arvestades ketaste telje pikkust (128 mm), kinnitame pukid 30 mm pikkuste puidukruvidega kohale.



Joon. 34. *a* — laagerpukk, *b* — väljaraiutud süvisega laagerpuki ots, *c* — ketaste telje otsa vaade.

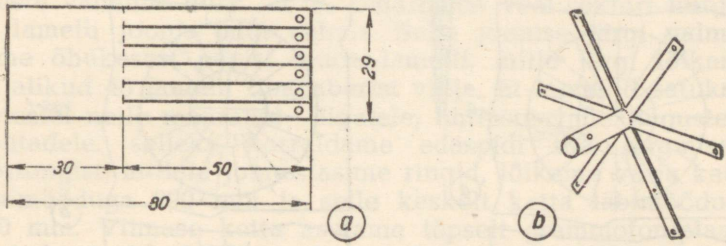


Joon. 35. *a* — vänt, *b* — lõhis.

Tugiliistud *2* (joon. 33) — arvult 4 — valmistame kõvast 10×10 mm või 15×10 mm ristlõikega puidust ja kinnitame tihedalt vastu pukke asetatuna 20 mm pikkuste puidukruvidega aluslaua külge.

Ketaste telje *10* (joon. 33) valmistame 8 mm-lise läbimõõduga 128 mm pikkusest ümarmetallist. Telje ühe otsa viilime kolmest küljest täisnurkselt kandiliseks, et ta laagerpuki külge monteeritud metallplaadisse asetatuna masinas pöörelda ei saaks. Telje otsa viilimiseks märgime kõigepealt viiliga telje otsale kaks teineteisega risti olevat läbimõõtu (joon. 34 *c*). Edasi viilime telje otsa joonise kohaselt kandiliseks.

V ä n d a *20* (joon. 33) valmistame samuti 8 mm-lise läbimõõduga ümarmetallist pikkusega 379 mm. Vajalikud painutused (joon. 35 *a*) teeme kruustangide vahel. Augud a_1, a_2, a_3 ja a_4 puurime 3 mm-lise läbimõõduga puuriga. L õ h i s e d neisse aukudesse valmistame 40 mm pikkusest ja 2 mm laiusest plekiribast (joon. 35 *b*). Et vältida hõõrdumist, mida tekitavad lõhised vastu pukke libisedes, valmistame kaks 0,5 mm paksusest plekist s e i b i *15* (joon. 33) läbimõõduga 25 mm.

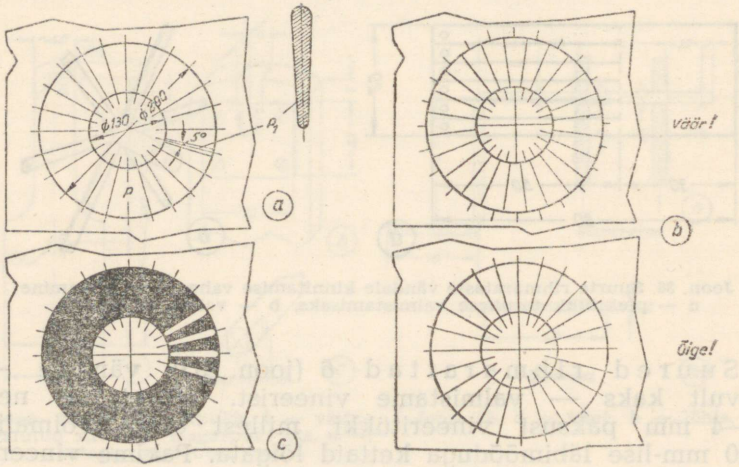


Joon. 36. Suurte rihmarataste vändale kinnitamise vahendi valmistamine: *a* — plekitükk torukese valmistamiseks, *b* — valminud toruke.

S u u r e d r i h m a r a t t a d *6* (joon. 33) vändale — arvult kaks — valmistame vineerist. Muretseme neli 3—4 mm paksust vineeritükki, millest oleks võimalik 150 mm-lise läbimõõduga kettaid lõigata. Pakime vineeritükid kokku ja lõikame kruustangide vahel neli 150 mm-lise läbimõõduga ketast. Puhastame nende servad ning puurime keskele 9 mm-lise läbimõõduga puuriga augu. Selle järel lõikame 5—6 mm-lisest vineerist korraga kaks 145 mm-lise läbimõõduga ketast ja puurime neile samasugused augud. Saadud ketastest moodustame kaks rihmaratast selliselt, et kumbki ratas koosneb kahest suuremast ja ühest väiksemast kettast, mis asub suuremate vahel. Et ketaste augud satuksid täiesti kohastikku, selleks on soovitav kettaid pakkida mõnel 9 mm-lise läbimõõduga pulgal. Kettad kinnitame kokku 5 puidukruviga. Rataste vändale kinnitamiseks valmistame 0,5 mm paksusest plekist joonise 36 järgi kaks torukest. Torud peavad hästi tihedalt sobima rataste aukudesse. On kõik korras, siis

asetame torukesed vändal rataste jaoks määratud kohtadele — ribadega väljapoole (joon. 35) ja puurime korraga nii toruseintest kui ka vändast läbi augud läbimõõduga 3 mm. Eemaldame torukesed vändalt, surume nad rataste aukudesse ja lööme nende ribad naelakestega rataste külge. Viilime rataste teravad servad maha ja rihmarattad ongi valmis kohale asetamiseks.

Seega on ka vändale kinnitatavad osad lõplikult valmis ja me jätkame tööd ketaste teljel.



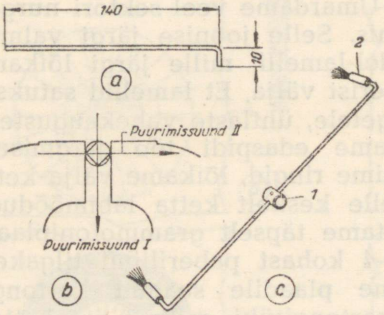
Joon. 37. Lamellide asetamine ketastele.

K e t t a d *8* (joon. 33) — arvult kaks — valmistame 300 mm läbimõõduga (suuremad on veelgi paremad) grammofoniplaatidest. Kuna grammofoniplaadid on kaetud teravalõikelise helijoonega, mille kaudu elekter kergesti õhku voolab, siis katame plaadid massiga, mis teatud määrani lõigete servi ümardab. Vastuvõetava katte saame nitroemaili ja atsetoonliimi segust vahekorras 2:3. Pehme suure pintsliga (pintsel ei tohi karvu anda) katame valmistatud seguga algul plaatide ühed, pärast kuivamist teised küljed. Segu kuivab täielikult 12 tunni jooksul. Kuivatada tuleb tolmuvabas kohas, näit. sahtlis. Kumbki ketas tuleb

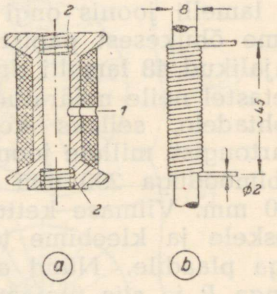
varustada 24 tinapaberist lamelliga *18* (joon. 33). Lamelli pikkus on 80 mm, lamellide laius võetakse harilikult $^1/_3$ nende vahekaugusest. Joonestame kartongile joonise 37 *a* kohaselt ringi läbimõõduga 290 mm ja samast keskpunktist teise ringi läbimõõduga 130 mm. Jaotame ringjoone algul kuude võrdsesse ossa, siis iga saadud osa kaheks osaks ja veel kord kaheks osaks. Saame kokku 24 võrdset osa ringjoonel. Iga ringjoone jaotuspunktist tõmbame läbi ringi läbimõõdu jooned. Ühele sellisele läbimõõdule joonestame sektori P_1, mida moodustavate raadiuste vaheline nurk on 5°. Ümardame veel sektori nurgad ja lamelli joonis ongi valmis. Selle joonise järgi valmistame õhukesest papist mudel-lamelli, mille järgi lõikame vajalikud 48 lamelli tinapaberist välja. Et lamellid satuksid ketastel neile määratud õigetele, ühtlaste vahekaugustega kohtadele, selleks korraldame edaspidi töö järgmiselt. Kartongist, millele joonestasime ringid, lõikame välja ketta läbimõõduga 290 mm ja selle keskelt ketta läbimõõduga 130 mm. Viimase ketta asetame täpselt grammofoniplaadi keskele ja kleebime ta 3—4 kohast paberiliimi tilgakestega plaadile. Nüüd asetame plaadile saadud kartongirõnga *P* ja siis ülejäänud kartongitüki, millest me kettad välja lõikasime. Seejuures seame need kolm tükki selliselt, nagu nad olid enne väljalõikamist, s. o., läbimõõdu jooned olgu kohastikku, moodustugu pidevad jooned läbi ringi keskpunkti (joon. 37 *b*). Järgnevalt kinnitame välimise kartongitüki plaadi servale nii, et ta oma asukohta muuta ei saaks. Pärast keskmise tüki *P* kõrvaldamist ongi plaat lamellide kleepimiseks valmis. Lamellid kleebime sama seguga, millega katsime plaadid. Asetame kleepainega varustatud lamelli ühe otsa kohale ja juhime tähelepanelikult ka teise otsa õigesse kohta (joon. 37 *c*). Lamellid kuivavad mõne tunni jooksul täielikult ketaste külge. Kuni kettad kuivavad, valmistame neutraliseerijad.

Neutraliseerijaid *19* (joon. 33) valmistame kaks paari. Nende valmistamiseks võtame neli 150 mm pikkust 3 mm-lise läbimõõduga messingtraati. Painutame kõigil ühe otsa ≈10 mm pikkuselt täisnurga all kõveraks (joon. 38 *a*). Edasi saeme võimalikult paksuseinalise 8 mm-lise siseläbimõõduga metalltoru otsast kaks 10 mm pikkust toru-

kest *1* (joonisel 38 *c*). Asetame need torukesed ketaste telje otstele (7 mm otstest sissepoole). Kinnitame telje koos torukestega kruustangide vahele selliselt, et viilitud telje otsa üks kant asuks otse all (joon. 38 *b*, puurimissuund I). Selles asendis puurime ühe torukese keskkohalt 3 mm-lise puuriga augu korraga läbi toru seinte ja telje. See auk, nagu hiljem puuritud teinegi auk telje teises otsas, on torukeste kinnitamiseks tihvtide abil teljele. Tihvtideks valime tihedalt auku sobivad traadijupid. Telje teise otsa augu puu-



Joon. 38. Neutraliseerijate valmistamine: *a* — painutatud otsaga traat, *b* — teljesse aukude puurimine, *c* — valminud neutraliseerija.



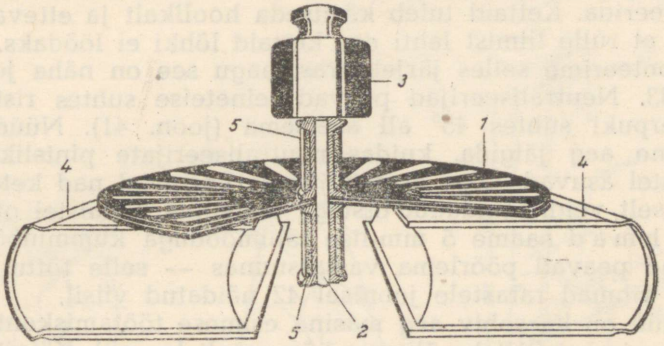
Joon. 39. *a* — väike rihmaratas, *b* — laagrite valmistamiseks metallvarvale keeratud traat.

rimiseks pöörame teljeotsa teise kandi otse alla (joon. 38 *b*, puurimissuund II). Nüüd jääb veel puurida torukestele augud täpselt risti juba puuritud aukudega. Nendesse aukudesse joodame korralikult neutraliseerijad. Edasi lõikame 3 mm-lise siseläbimõõduga metalltorust neli 20 mm pikkust torukest *2* (joon. 38 *c*). Need lööme konksude otsa. Nendesse torukestesse asetame veel kimbu näärikuuse karda. Kimp olgu ühtlane ja mitte liig tugev. Liig tugev kimp hakkab lamellidel libisedes lamelle maha kraapima.

Ketaste *8* (joon. 33) teineteisest vajalikul kaugusel hoidmiseks vajame veel 4 mm paksust ja 20 mm läbimõõduga getinaksist, tekstoliidist vms. seibi *21* (joon. 33). Valminud seibi lükkame ketaste teljele.

Väikesed rihmarattad *5* (joon. 33) — arvult

kaks — saame suurtest niidirullidest (niit nr. 1 — nr. 5). Rullidelt kerime umbes pool niiti maha — kummaltki samapalju. Ülejäänud niidi katame puiduliimiga. Laseme liimi hästi kuivada ja puurime siis rulli keskelt 3 mm-lise puuriga läbi augu kuni tsentriauguni *1* (joon. 39 *a*). See on telje õlitamisauk. Et rullid peavad võimalikult kergelt teljel pöörlema, siis varustame nende avad laagritega.



Joon. 40. Rullide liimimine ketastele (vaade lõigatult): *1* — kettad (grammofoniplaadid), *2* — pulk, *3* — raskus, *4* — raamatud, *5* — niidirullid.

L a a g r i d valmistame vasktraadist läbimõõduga 1 mm. Selleks mähime traadi tihedalt, keerd keeru kõrvale, metallvarvale läbimõõduga 8 mm (joon. 39 *b*). On traat mähitud, puhastame ta hoolikalt liivapaberiga ja määrime jootevedelikuga. Tulise tõlvikuga joodame spiraalide vahed koralikult kinni. Eemaldame saadud torukese varvalt ja lõikame saega neljaks rõngaks. Nüüd võtame oma niidirullid. Laiendame nende avasid kas puuriga või paraja laiusega kruvitsaga, puurides augu nii suure läbimõõduga, et laagreid neisse saaks t i h e d a l t sisse lüüa. Seega on laagrid *2* (joon. 39 *a*) kohal.

Rullide ketaste külge liimimiseks paneme kaks rullipikkuse paksust raamatut kõrvuti lauale nii, et rull nende vahele mahub (joon. 40). Liimime ühe rulli siledama otsa meil juba kasutatud nitroliimi abil plaadi *1* keskele lamel-

lide poolele. Et pooli ja plaadi augud jääksid kohastikku, asetame nende aukudesse teljest veidi peenema, veega niisutatud pulga 2. Järgnevalt asetame ka teise ketta pulgale, lamellidega ülespoole, ja liimime sellele samuti teise rulli. Surve saamiseks asetame rullile mingi raskuse 3. Liimimine ketaste teineteise vastu olles on tingimata vajalik selleks, et kettad pöörlemisel vibama ei hakkaks. 24 tunni jooksul on liim kuivanud ja kettad võib masinasse monteerida. Kettaid tuleb käsitseda hoolikalt ja ettevaatlikult, et rulle liimist lahti ega kettaid lõhki ei löödaks.

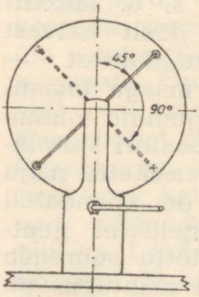
Monteerime selles järjekorras, nagu see on näha joonisel 33. Neutraliseerijad peavad teineteise suhtes risti ja laagerpuki suhtes 45° all asetsema (joon. 41). Nüüd on kohane aeg jälgida, kuidas neutraliseerijate pintslikesed ketastel asuvad. Õige asendi juures libisevad nad ketastel ühtlaselt, veidi paindunud otstega lamellide ülemistel otstel.

R i h m a d saame 5 mm-lise läbimõõduga kumminöörist. Kettad peavad pöörlema vastassuunas — selle tõttu asetame rihmad ratastele joonisel 42 näidatud viisil.

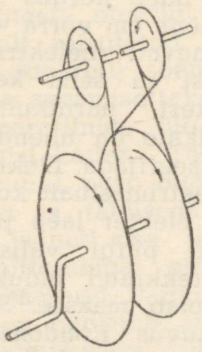
Nüüd on ka sobiv aeg masina esimese töötamiskontrolli teostamiseks. Selleks õlitame kõigepealt laagrid. Käivitame masina kellaosuti liikumise suunas. Teeme seda esialgu aeglaselt ja jälgime, et pintslikesed lamellidel õrnalt neid kraapimata libiseksid. Kui rihmad on õigesti ratastele asetatud, tunneme varsti, kuidas käitamine muutub veidi raskemaks ning tekib iseloomulik särin. Ei ole aga midagi märgata, siis tuleb rihmade asendit ratastel muuta. Nimelt rihm, mis on risti, tuleb asetada otse ning teine asetada risti. Nüüd ei tohiks, kui masina ehitamisel jämedaid vigu pole tehtud, elektrinähtused ilmumata jääda. Peale tugeva särina tunnete veel ka iseäralikku lõhna — see on sama lõhn, mis tekib suvel äikese järel, nimelt o s o o n i lõhn. Lähendades peopesa ketastele, saame sealt hulgaliselt teravaid pisteid: need on väikesed välgud, mis kätt tabavad. Pimedas toas näeme sädemete ilutulestikku. Näeme, kuidas elektriseerunud kettailt hoovab otse sädemetemeri rihmaratastele, laagerpukile. Lähedale viidud elektroskoop reageerib energiliselt.

Et ketastel tekkivat suurt elektrihulka saaks kasutada, peame oma masinat veel täiendama.

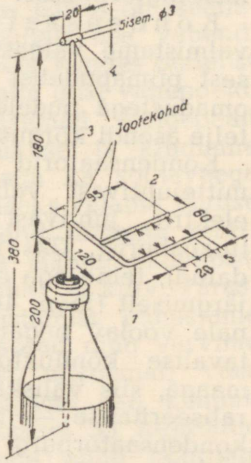
K o g u j a d *9* (joon. 33) — kaks tükki — valmistame 6 mm-lise läbimõõduga messingtraadist joonise 43 järgi. Esiteks valmistame osa *1*. Selleks painutame traadi joonise järgi mitte järsult ja varustame ühe haara nelja auguga 3 mm läbimõõduga. Nendesse aukudesse kinnitame koguja harjad. Teiseks valmistame osa *2*, varustame samuti aukudega ja joodame osa *1* külge. Nimetatud aukudesse aseta-



Joon. 41. Neutraliseerijate asetus ketastel.



Joon. 42. Rihmade asetus rihmaratastel.



Joon. 43. Kogujad.

tavad harjakesed valmistame näärikuuse metallkarrast. Harjad peavad olema kohale asetatuna ketastest 3 mm eemal. Kui on karta ketaste kraapimist, võivad olla nad veelgi pisut kaugemal. Valminud osa joodame 380 mm pikkuse 8 mm-lise läbimõõduga messingvarva külge (joonised 33—*16* ja 43—*3*). Järgnevalt lõikame 3 mm-lise siseläbimõõduga messingtoru otsast 20 mm pikkuse torukese ja joodame torukese (joonised 33 — *22* ja 43 — *4*) risti messingvarvale *16* (joon. 33).

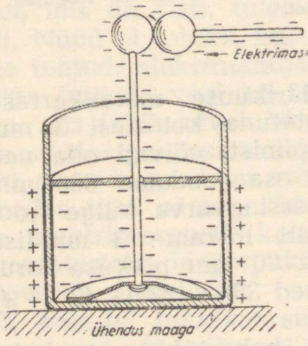
K o n d u k t o r i d *12* (joon. 33) — kaks tükki — valmistame 250 mm pikkusest 3 mm-lise läbimõõduga messing-

TARTU ÜLIKOOLI RAAMATUKOGU

traadist. Konduktoritel on metallnupp *24* ja kummist käepide *23*. Konduktorinupuks sobib hästi 15—20 mm-lise läbimõõduga laagrikuul, mille otsa on joodetud teine, väiksem kuulike. Veel on nupule kinnitatud 3 mm-lise siseläbimõõduga 20 mm pikkune messingtoruke. Käepidemeks on traadile lükatud võimalikult paksuseinaline kummivoolik. Konduktori varb peab kergesti libisema torukeses *22*, samuti peab ta mahtuma nupul olevasse messingtorukesse.

K o n d e n s a a t o r i d *11* (joon. 33) — kaks tükki — valmistame valgest või rohekast õhukesest klaasist liitrisest piimapudelist (võib kasutada ka teisi samade klaasiomadustega pudeleid). Pudeli kõrgus olgu masina ketaste telje asendi kõrgusest mõne cm võrra väiksem.

Kondensaatorid koosnevad dielektrikust, s. o. elektrit mittejuhtivast vahekihist ja seda kahelt poolt katvast elektrit juhtivast kattest, harilikult metallkattest — tinapaberist. Üks metallkate on ühendatud maaga (maandatud), teine aga elektriseerijaga. Elektri kogumine toimub järgmiselt (joon. 44). Elektrimasinalt kondensaatori sisepinnale voolav negatiivne elekter laeb purgi sisekatte nagu tavalise konduktori. Et purgi väliskate on ühendatud maaga, siis väliskattes tekkinud induktsioonelekter neutraliseeritakse — ta voolab maasse. Selle tõttu suureneb kondensaatorpurgi mahtuvus. Kondensaatori mahtuvus on seda suurem, mida suurem on ta pindala ja mida õhem on dielektrik. Mahtuvus oleneb ka isoleerivast ainest — dielektrikust, mille elektrilisi omadusi iseloomustatakse nn. dielektrikukonstandi abil. Õhul on dielektrikukonstant 1, klaasil 4—7 jne. Praktikas levinumad kondensaatorid, nn. plokk-kondensaatorid (autodel, raadioaparaatides jne.), koosnevad ühe- või mitmekordsest sellekohasest pikkadest paberiribadest — dielekt-



Joon. 44. Leideni purgi skeem.

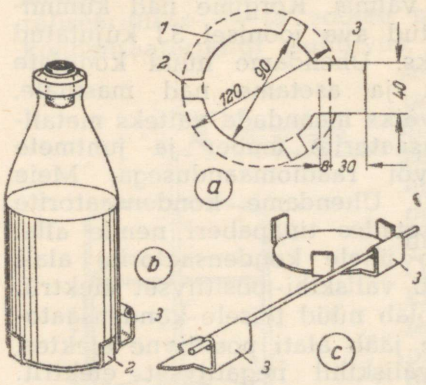
rikust, mis on kahelt poolt kaetud tinapaberiga ja kokku rullitud. Nende mahtuvus on üsna suur. Jätkame kondensaatorite valmistamist.

Pudelid peseme soodaveega seest ja väljast hästi puhtaks, loputame siis puhta sooja veega ja kuivatame täielikult. Nüüd katame nad väljast tinapaberiga kohani, kus pudelid kitsenema hakkavad. Kleepaineks kasutame munavalget. Kuna pudeleid on seest raske tinapaberiga katta, siis täidame nad mõne elektrit juhtiva ainega, nagu metallipuru, soolavesi, söepuru vms. Soolavesi (20%) on iseenesest väga kättesaadav ja ühtlasi ka küllalt hea vahend, kuid et ta võib masinat ühest kohast teise kandes pudelist kergesti välja loksuda, siis tuleks kasutada teisi vahendeid. Säärastest vahenditest oleksid kohasemad kõigepealt metallipuru, tugevalt niisutatud (kaalukuse ja kindlama kontakti saamise eesmärgil) söepuru, aga ka soolaveega üle valatud liiv. Vee auramise takistamiseks valame täidise tingimata kuuma parafiiniga üle. Pudelid täidame lehtri abil kuni tinapaberist katteni. Täitmata jäänud pudeliosa, tinapaberist pudelisuuni, peab olema puhas ja kuiv. Pärast tinapaberiga katmist ja täidisega varustamist puhastame veel kord katmata jäänud sise- ja välisosad ning värvime nad mõne hea mittejuhiga: nitrolakk, nitroemail vms. Nii on ka kondensaatorid valmis. Korgime nad kummikorgiga. Korgisse on puuritud ava joonisel 33 kujutatud metallvarva *16* läbiviimiseks. Ühendame nüüd kogujate seadmed kondensaatoritega ja asetame nad masinale. Kondensaatorite väliskihte võiks maandada näiteks metalljuhtme sidumisega kondensaatorite ümber ja juhtmete ühendamisega veekraani või raadiomaandusega. Meie teeme aga pisut lihtsamalt. Ühendame kondensaatorite väliskatted elektrijuhiga, asetades tinapaberi nende alla. Masina töötamisel koguneb ühele kondensaatorile alati negatiivne elekter, mis seob väliskihi positiivset elektrit. Vaba negatiivne elekter voolab nüüd teisele kondensaatorile. Teisele kondensaatorile jääb alati positiivne elekter, mis seob kondensaatori väliskihil negatiivset elektrit. Vaba positiivne elekter neutraliseeritakse esimeselt kondensaatorilt siia voolanud negatiivse elektriga. Seega saadakse samad tulemused, nagu oleksid kondensaatorid

maandatud. Asetanud kondensaatorid koos kogujatega masina aluslauale, jälgime, et kogujate harjad asuksid ketastest 3 mm kaugusel ja et üksikuid metallniite ei ulatuks välja. Kui tarvis, lühendame kääridega harjakeste pikkust. Jälgime ka, et kogujad oleksid õigel kõrgusel, s. o. ketaste telje kõrgusel. On kõik korras, võime korraldada lõpp-proovi.

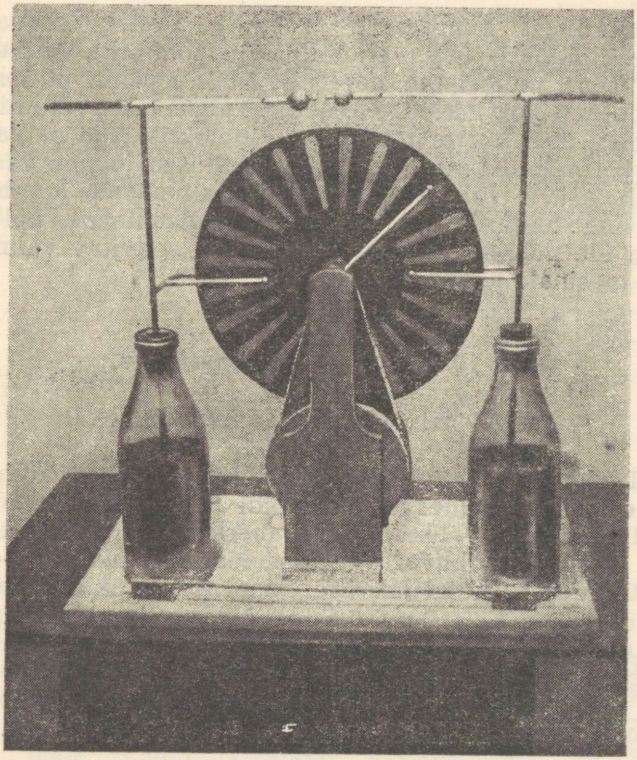
Meie masina võimsust näitab sädeme pikkus konduktorinuppude vahel. Asetame algul konduktorid 10, 20, 30, 40 mm kaugusele teineteisest. Näeme, et 10 mm kaugusel tekib ketaste mõnede pöörete juures säde, 20 mm kaugusel samuti, 40 mm kaugusel peame aga masinat juba kauem ja kiiremini käitama. Soodsatel tingimustel võime saada oma masinaga üle 60 mm pikkuse sädeme. See sädeme pikkus isegi ületab mõnede vabrikuis toodetud sama suure kettaläbimõõduga (300 mm) induktsioonelektri masina sädeme pikkuse.

Et masina omadusi veelgi tõsta, muuta teda stabiilsemaks ja elektrijuhtivust vähendada, mille tagajärjel võimsus veelgi tõuseb, võtame ette alljärgnevad viimistlustööd: 1) valmistame korraliku kontakti kondensaatorite vahele, 2) kinnitame kondensaatorid, 3) katame masina nitrolakiga või nitroemailiga, 4) metallitame metallosad.



Joon. 45. Induktsioonelektri masina kondensaator: *a* — kondensaatori alus, *b* — kondensaator alusel, *c* — kondensaatorite kontaktseade.

Kontakti *13* (joon. 33) valmistame kolmest osast joonise 45 järgi. Esiteks teeme kaks ca 1 mm paksusest plekist kondensaatori alust joonise 45 *a* järgi. Osad *1* tuleb ära lõigata, osad *2* painutame üles kondensaatorit haaravaiks (joon. 45 *b*). Osa *3* painutame samuti kriipsjoont mööda täisnurga all üles. Ülemise serva keerame 3 mm-lise läbimõõduga traadi ümber toruks. Kui mõlemad konden-



Joon. 46. Induktsioonelektri masina foto.

saatori alused on valmis, asetame kondensaatorid neile määratud haarmetesse ja paigutame masina alusele. Jälgime, et kogujad haaraksid kettaid harjadega õiges kauguses, et kondensaatorite aluste (joon. 45 *b* ja 45 *c* — *3*) torukeste pikitelg oleks ühel sirgjoonel ja joonestame pliiatsiga aluste asukohad aluslauale. Eemaldame kondensaatorid ja naelutame madalpäiste naelakestega alused kolmest kohast aluslauale. Mõlemate aluste torukesed ja seega ka kondensaatorite väliskatted ühendame 3 mm-lise läbimõõduga metalltraadiga (joon. 45 *c*). Seega oleme kondensaato-

rid stabiilselt kinnitanud ja loonud neile omavahelise kindla kontakti, mida soovikorral saame ka katkestada. Järgmisena puhastame hoolikalt kõik masina puitosad ja katame nad hea lakiga. Metallosad puhastame samuti liivapaberiga, eriti korralikult viilime jootekohad ja galvaniseerime või metallitame (kohased kirjeldused leiame vastavalt §§ 4 b ja 27). Valminud elektrimasinat näeme joonisel 46.

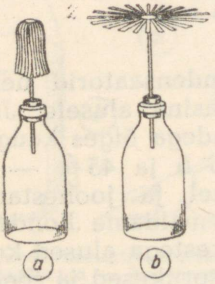
Masinat tuleb kaitsta tolmu eest ja tarvitamise eel kuiva lapiga üle pühkida. Tolmu kaitseks on soovitav valmistada kogu masinale papist kate.

§ 19. Katseid elektrimasinaga.

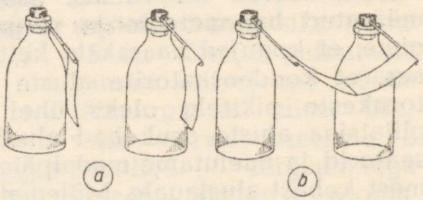
A. Liikumisnähtused.

a. Lehvik. Lehviku valmistame kitsastest siidpaberiribakestest, kleepides need otsapidi 50 mm-lise läbimõõduga metallkettakese välisservale. Paberiribakestega ketta asetame traadi (lehvikuvarre) abil isoleerivale alusele — pudelile. Ühendame nüüd lehviku traadi abil elektrimasina ühe konduktoriga. Käivitame masina. Näeme, kuidas siidpaberiribakesed tõusevad lehvikutaoliselt laiali (joon. 47 *a* ja *b*). Põhjus: samanimelise elektriga laetud esemed tõukuvad.

b. „Lõkketuli". Valmistame hulga mitmesuguse pikkusega leegikujulisi punaseid siidpaberiribakesi. Klee-

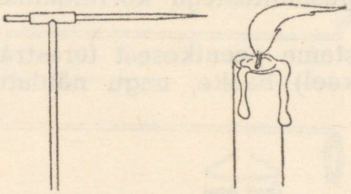


Joon. 47. Lehvik: *a* — laadimata, *b* — laetud.

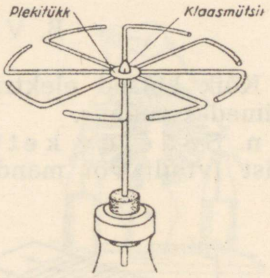


Joon. 48. Sild: *a* — laadimata lipukesed. *b* — erinimeliselt laetud lipukesed.

bime nende ribade otsad umbes 15 cm-lise läbimõõduga pappkettale. Asetame ketta koos ribakestega umbes 200 mm-lise läbimõõduga metallnõusse nii sügavale, et paberiribakesed hästi nõust välja ulatuksid. Lähendame elektrimasina konduktori nupud teineteisest 20 mm kaugusele ja ühendame ühe konduktori meie „lõkketule" pesaga. Masina töötamisel hakkab „tuli" elavalt „põlema". Konduktorite vahel tekkiva sädeme tõttu hõljuvad „leegid" üles-alla.



Joon. 49. Elektrituul.



Joon. 50. Elektrikarussell.

c. Sild. Lõikame siidpaberist kaks tükki 150×250 mm. Kummagi paberi lühema külje murrame 300 mm pikkuse traadi ümber. Traadi ühe otsa torkame pudeli korgisse, teine jääb vabaks. Asetame pudelid nüüd teineteisest 350—400 mm kaugusele, lipukestega kõrvuti. Ühendame lipuvardad elektrimasina konduktoriga. Masina töötamisel näeme, kuidas lipukesed pikkamisi teineteisele lähenevad, kujundades silla. Põhjus: isenimelise elektriga laetud kehad tõmbuvad teineteise külge (joon. 48 *a* ja *b*).

d. Elektrituul. Kui lähendada elektrimasina ühe poolusega ühendatud metallteravik küünlaleegile ja masinaga elektrit tekitada, siis kaldub leek nagu tuulest puhutud tugevasti teravikust eemale. Põhjus: teraviku tipule koguneb suhteliselt palju elektrit. See elektrilaeng tõmbab enese külge õhuosakesi. Need osakesed laaduvad teraviku elektriga samanimeliselt ja tõukuvad siis teravikust eemale — küünlaleeki. Nad laevad ka küünlaleegi samasuguse laen-

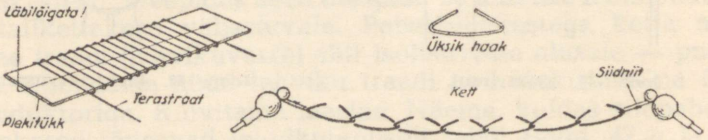
guga. Kuna küünlaleek on nüüd laetud samanimelise elektriga kui teravik, siis hoidub ta teravikust eemale (joon. 49).

e. Elektrikarussell. Asetame peenikesest traadist valmistatud kergesti liikuva risti (joon. 50) isoleerivale alusele. Ühendame tugitraadi elektrimasina ühe konduktoriga. Laadides masinat, hakkab rist karussellina pöörlema varemkirjeldatud põhimõttel.

B. Valgusnähtused.

Kõik katsed elektriliste valgusnähtustega korraldatakse pimedas ruumis.

n. Sädelev kett. Valmistame peenikesest terastraadist (viiuli või mandoliini e-keel) haake, nagu näidatud



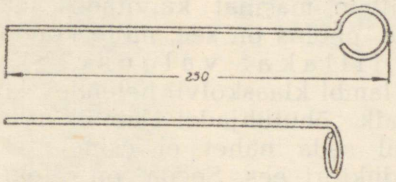
Joon. 51. Sädelev kett.

joonisel 51. Haakidest teeme keti. Keti otsad varustame siidniidist silmustega. Nende abil riputame keti elektrimasina konduktorite vahele. Tekkivad sädemed panevad jätkukohad sädelema.

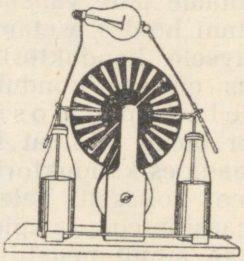
b. Helendavad elektrilambid. Õhk on halb elektrijuht, ainult väga kõrge pinge puhul läbib teda elektrilaeng — säde. Pikem säärane säde on välk. Hõrendatud õhk seevastu juhib elektrit hoopis paremini. Samuti juhivad elektrit mõned gaasid. Sellelaadilisi katseid võime korraldada elektrilampidega. Vanemad lambitüübid on peaaegu õhutühjad, uuemad on aga täidetud mõne hõrendatud gaasiga (lämmastik, argon). Katseteks elektrilampidega valmistame 3 mm-lise läbimõõduga vasktraadist silmusega varustatud konduktorid (joon. 52). Nendesse silmustesse kee-

rame katsetatavad lambid (joon. 53). Lambid võivad olla läbi põlenud.

Elektrilambid pakuvad pimedas suurepärast vaatepilti. Juba masinat aeglaselt töötama pannes läbivad lampe kui hõrendatud gaasiga täidetud torusid elektrilaengud. 200—500-vatised lambid on ses suhtes eriti kaunid. Väiksemaist raksatab aga sageli läbi tugev säde. Asetades kaks lampi vastakuti masinasse, saame jällegi omapärase pildi. Isesugust valgusmängu näeme, kui asetame lambi rippuvas asendis konduktorite vahele.



Joon. 52. Silmusega varustatud konduktorid.



Joon. 53. Helendav elektrilamp.

Katame lambid kas kuld- või hõbepaberiga ja me näeme kord rohekat, kord piimvalget helendust.

Eriti huvitavaid katseid saab korraldada süsiniitlampidega. Süsiniitlamp, asetatuna konduktorite vahele, täitub piimjalt helendava valgusega, ta on elektroskoobiks, kondensaatoriks jne.

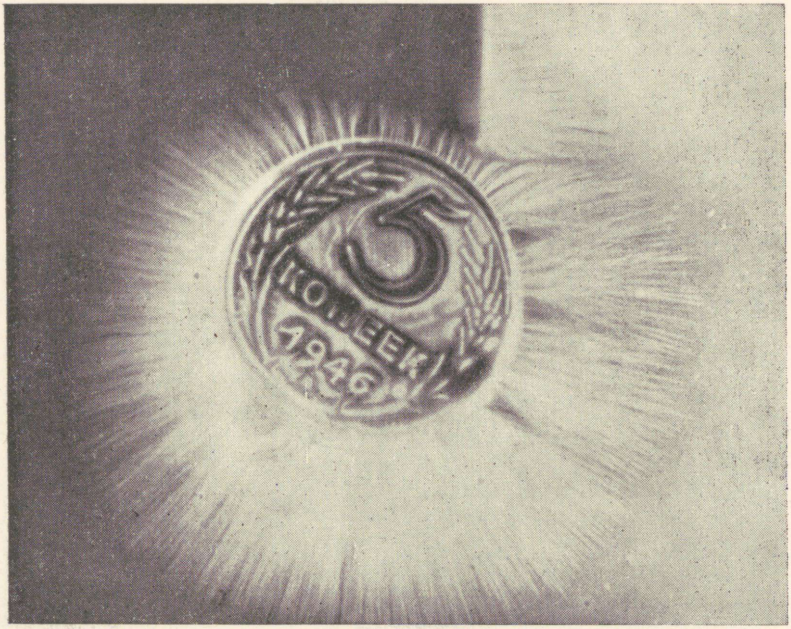
c. Lamp — elektroskoop. Kui süsiniitlampi kolvist hoida ja lähendada elektrimasina laetud konduktorile, hakkavad süsiniidikesed lambis üksteisest eemalduma. Kui säärane lamp panna elektrimasina üheks konduktoriks, tekib valguseniitide keerdude vahel nii tugev eemaletõukav jõud, et niit puruneb.

d. Lamp — kondensaator. Keerame süsiniitlambi varemkirjeldatud viisil valmistatud silmus-konduktorisse ja asetame ta ühele poolusele elektrimasinal. Käivitame ettevaatlikult masina. Hoides kinni klaaskolvist, eemaldame

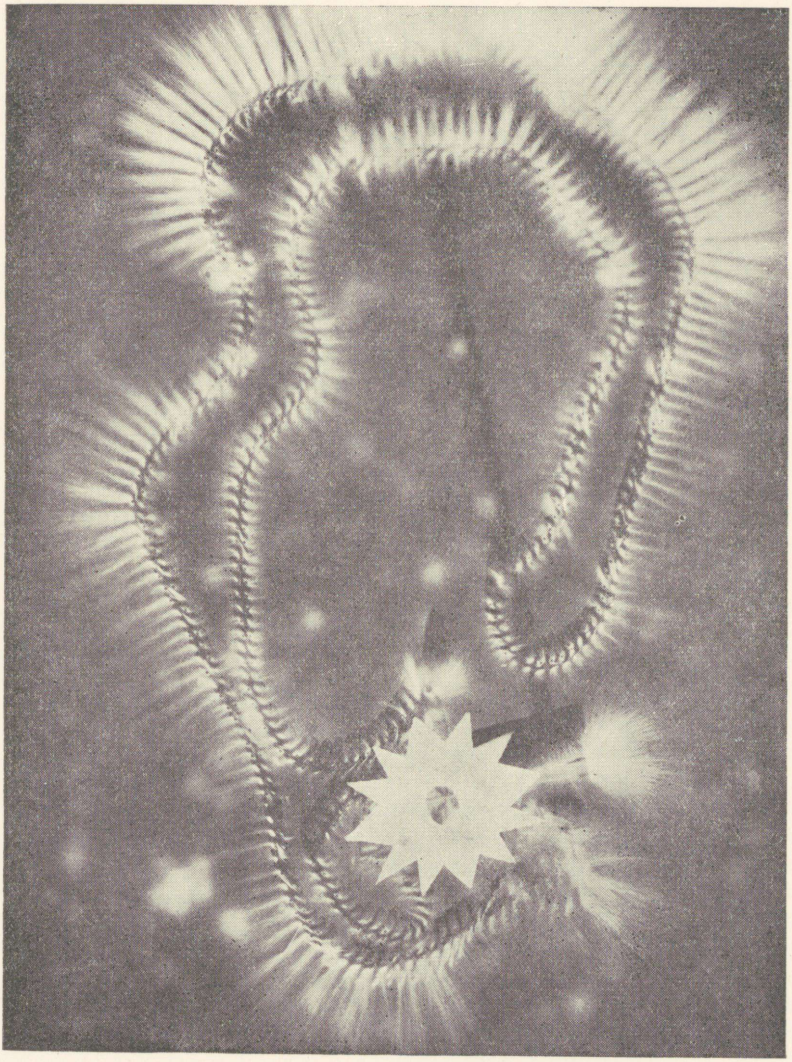
nüüd lambi masinalt. Puudutades näpuga traadiotsa, saame küllaltki tugeva elektrilöögi. Tähendab, süsiniitlamp on hea kondensaator. Väärib tähelepanu, et lambi laeng, kuigi nõrk, säilib üsna kaua. Niipea, kui kätt lambile lähendada, reageerivad niidikesed külgetõmbumisega ja helinaga.

e. „Jaaniuss". See, et elektrilamp laetud konduktorile asetatuna helendama hakkab, on huvitav, et aga elektrilamp mõni aeg pärast konduktorilt eemaldamist edasi helendab, on juba hoopis tähelepanuväärsem nähtus. Me võtame jälle vanamoelise süsiniitlambi. Kolvist sõrmedega kinni hoides asetame lambi metallotsa elektrimasina negatiivsele konduktorile (elektrimasina negatiivne poolus on see konduktor, millele masinat käivitades tekib hele täpp, positiivne poolus on see, mille konduktor omab masinat laadides lillakat valgusvihku). Laadides konduktorit, tekib lambi klaaskolvil helendav laik. See kollaselt helendav laik õhutühjadel lambikolvidel (gaasitäitega lampide puhul seda nähet ei esine) tekib ikka ainult negatiivse konduktori ees. Seega on elektrihõõglamp kõige sobivamaks abinõuks pooluste kindlaksmääramisel. See laik kolvi otsas säilitab oma helenduse ka siis, kui lamp masinalt eemaldada. Me võime pista lambi taskusse, kombata teda igast küljest, helendus, kuigi väheneb, säilib siiski. Selline lamp meenutab tõelist jaaniussi. Positiivsel poolusel laetud lambil tekib tuntud lillakas valguskimp. See valguskimp on eriti siis hästi näha, kui sõrm lähendada kolvinibule.

f. Elektriseeritud inimene. Selle katse teostamiseks on tarvis kõigepealt head isoleerivat alust, millele katsealune asub. Sääraseks isoleerivaks aluseks on neljale teeklaasile asetatud kuiv lauake, kuiv kummitahvel, kuivad ja puhtad kalossid jne. Katse puhul asub katsealune isoleerivale alusele ja võtab pihku elektrimasina ühe konduktori. Elektrimasinat käivitades märkame, kuidas katsealuse juuksed püsti tõusevad. Katsealuse sõrmeotstest sähvatavate sädemetega võib süüdata eetriga niisutatud puuvillatoppi jne.



Elektrikiirguse abil fotografeeritud metallmünt.



Elektrikiirguse abil fotografeeritud metallkett.

C. Fotografeerimine elektrikiirguse abil.

Väga huvitavaid fotosid võib valmistada induktsioonelektri masinaga tekitatava elektri abil. Vajalikud abinõud:

isoleeriv alus — klaasplaat (kummitükk) suurusega 150×250 mm, pisut väiksem võimalikult sile, kooldumata metallplaat, metallmünt, metallkett, raseerimistera, taimelehti jne., kaks täiesti siledat metallplaati 90×12 mm, mõned vanad klaasfotoplaadid 9×12 mm, õhemat tumedat siidriiet 220×500 mm, kummirõngaid läbimõõduga 5 mm, fotoplaate, fotopaberit, punane pimikulamp.

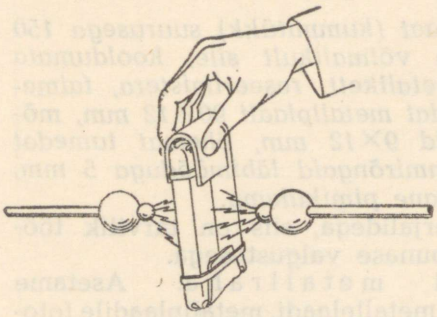
Kuna tegeleme fotomaterjalidega, siis on tarvilik töötada pimedas ruumis või punase valgustusega.

a. Fotografeeritud metallraha. Asetame lauale isoleerplaadi, sellele metallplaadi, metallplaadile fotoplaadi (-paberi), valgustundliku kihiga ülespoole. Metallplaadi ühendame elektrijuhtme abil induktsioonelektri masina miinuspoolusega (-konduktoriga), plusspooluse ühendame aga metallrahaga. Käitame nüüd masinat nii, et metallmündi ümber oleks märgata helendust. Pärast ilmutamist ja kinnitusvannis töötlemist ning vajaduse puhul ka kopeerimist (plaadilt paberile) ongi ülesvõte valmis (Tahvel I).

b. Metallketi fotografeerimine toimub analoogiliselt. Ketti ega ka muid fotografeeritavaid esemeid ei või asetada liiga fotoplaadi servale. Metallplaadi ja fotografeeritava eseme vahel tekib siis säde, mis rikub teatud määrani pilti (Tahvel II).

c. Taimelehe fotografeerimiseks asetame selle järgmiselt „kassetti". Asetame lauale siidriide, riidele metallplaadi, sellele taimelehe. Taimelehele asetame fotoplaadi (-paberi) valgustundliku kihiga vastu taimelehte. Viimasena asetame pakki teise metallplaadi. Nüüd pakime kogu komplekti siidriidesse samuti, nagu me pakiksime mõnda raamatut. Paki tõmbame kahe kummirõngaga korralikult kinni. Siidriiet ja kummirõngaid kasutame esmajoones seepärast, et need on head isolaatorid. Säärast pakki võib ka valguse käes fotografeerida. Fotografeerimisel eemaldame elektrimasina konduktorinupud

teineteisest, olenedes masina võimsusest, 4—10 cm kaugusele. Paki haarame ühest otsast sõrmedega. Sõrmed isoleerime aga pakist paksude kummitükkidega. Selliselt asetame paki elektrimasina konduktorite vahele (joon. 54) ja tekitame selle pihta 50—100 sädet. Seega ongi taimeleht fotografeeritud ja plaat vajab vaid pimikus töötlemist.



Joon. 54. „Kassetis" asuva eseme fotografeerimine.

Silmas tuleb pidada, et ei ole ükskõik, kas fotografeeritav ese asub pluss- või miinuskonduktori ees (Tahvel III).

Me võime korraga saada ka mitmest esemest ülesvõtte. Selleks vajame aga veel paari samasugust (90×120) metallplaati. Üksikosade asetuse „kassetis" korraldame järgmiselt: metallplaat, fotografeeritav ese, fotoplaat, isoleerplaat (võib klaasist fotoplaadi puhul ka ära jääda), fotoplaat, fotografeeritav ese, metallplaat, fotografeeritav ese, fotoplaat, isoleerplaat jne. Viimaseks osaks on metallplaat. Nagu jälgida võib, tuleb fotografeeritav ese alati asetada vastu metallplaati ning selle taha fotoplaat. Säärane asetus on vajalik, sest elektriline kiirgus lähtub metallplaadilt. Elektriga laetakse metallplaadid aga induktsioonelektri masina abil.

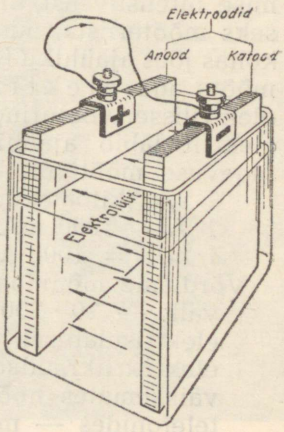
d. Läbivalgustusigi võib teha säärasel viisil. Võtame tühja musta fotopaberite ümbriku ning asetame fotografeeritava eseme ümbrikku. Asetades nüüd ümbriku ja fotoplaadi eespoolkirjeldatud viisil metallplaatide vahele ja „valgustades" komplekti umbes 200—400 sädemega, muutub ümbriku sisu fotoplaadil nähtavaks (Tahvel IV). Võime järeldada, et kui meil oleks käepärast küllalt kõrgepingeline vooluallikas, suudaksime hoopis paksematest esemetest läbi vaadata.

§ 20. Elektrivool vedelikes.

Kaua aega ei leidnud elekter mingit praktilist kasutamist, sest hõõrdumise teel saadavad elektrihulgad on äärmiselt väikesed. Teisi elektrivoolu allikaid aga veel ei tuntud.

Umbes 150 a. tagasi avastati juhusliku tähelepaneku tõttu Luigi Galvani poolt elektrivool vedelikes. See on vool, mida meie tänapäevalgi saame mitmesugustest elektrielementidest ja neist koostatud patareidest (telefonielement, taskulambipatarei jne.).

Vangistatud vihmauss. Asetame tsinkplekile tükikese vaskplekki ja sellele vihmaussi. Vihmaussil ei õnnestu vaskplekilt lahkuda. Niipea, kui ta katsub tsingile minna, tõmbub ta kohe jälle tagasi. Samasuguseid katseid võib edukalt sooritada verekaanidega, tigudega. Suuremate loomakestega õnnestub see katse kindlamini, kui asetada tsinkpleki ja vaskpleki vahele soolaveega niisutatud kuivatuspaberi. See nähtus seletub järgmiselt: kui kaks erinevat metalli (teine võib ka süsi olla) mingi keemilise ühendi lahusesse asetada ja väljastpoolt traadiga ühendada, tekib traadis (juhtmes) elektrivool. Keemilise ühendi lahuseks võiks praegusel juhul arvata vihmaussi kehal olevat niiskust. Kui loomake nüüd oma kehaosa sirutab tsingile, siis tabab ta keha järsk elektrilöök, mis sunnibki loomakest oma vanglasse tagasi tõmbuma.



Joon. 55. Galvaani element.

Asetame keelele galvanoskoobi (vt. § 46) kontaktid — galvanoskoop näitab voolu. Paneme vask- ja tsinktraadi otsad hapusse õuna ja ühendame teised traadiotsad galvanoskoobiga — galvanoskoop näitab jällegi voolu. Asetame samad metallid keedusoola lahu-

sesse — saame juba galvanoskoobi osuti hoopis tugevama hälve.

Elektrivoolu vedelikes nimetatakse tema avastaja Galvani järgi ka galvaaniliseks vooluks. Et see vool on alati ühesuunaline, siis nimetatakse seda ka alalisvooluks. Voolu suunda arvestatakse leppeliselt nii, et välises vooluringis voolab elekter plusspooluselt miinuspoolusele (joonisel 55 on näidatud voolu suund noolega). Vedelikku asetatud metalle (ka sütt) nimetatakse elektroodideks, vedelikku elektrolüüdiks ja kogu seadeldist galvaani elemendiks. Elektroodi, kust vool väljub, nimetatakse positiivseks pooluseks (plusspoolus) ehk anoodiks, teist — negatiivseks pooluseks (miinuspoolus) ehk katoodiks (joon. 55).

§ 21. Elektrivool, pinge, takistus.

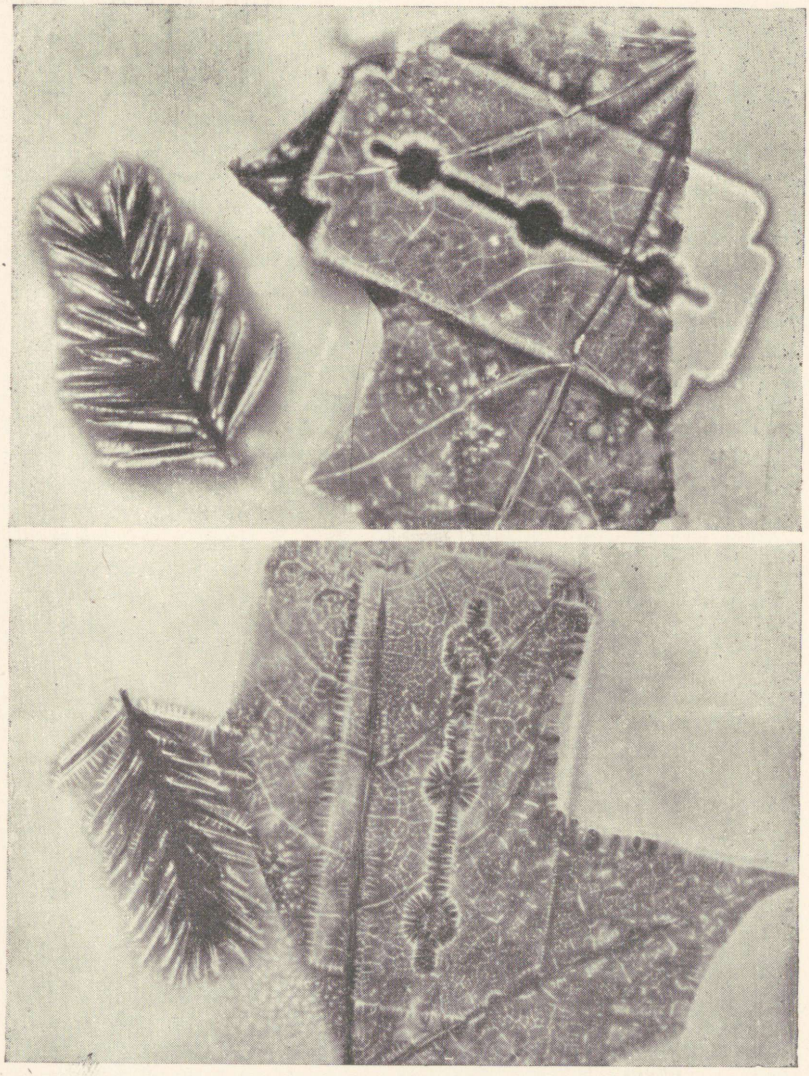
Enne vooluallikatega lähemalt tutvumist peame rääkima vooluallika elektromotoorsest jõust ja pingest, tema poolt tekitatavast voolust ning vooluringi takistusest.

Kujutleme jõge. Kui tahaksime mõõta jõe vee voolamise intensiivsust, siis me asetaksime jõele voolu mõõtmiseks mõõteriista, mis näitaks, kui palju voolab vett teatud kohas jões ajaühiku (sekund, minut, tund) jooksul. Tahame mõõta aga elektri voolamise intensiivsust, siis asetame elektrilisse vooluringi mõõteriista, mis näitab, kui palju elektrit läbib ajaühiku jooksul elektrijuhet. Elektrivoolu tugevuse mõõtühikuks on amper (A).

1 kA (kiloamper) = 1000 A,
1 A = 1000 mA (milliamprit),
1 mA = 1000 μA (mikroamprit).

Võrdleme mõningaid voolude tugevusi:

välk — 20—200 kA,
elektrisulatusahjudes — 50 kA,
elektritriikraudades — 2—6 A,
väiksemates hõõglampides — 0,1—1 A,
telefonides — mõni milliamper,
induktsioonelektri masinais — mõni mikroamper.



Elektrikiirgusega fotoplaadile fotografeeritud ja sellelt kopeeritud esemed: ülal — negatiivse pooluse ees, all — positiivse pooluse ees.

Jätkame võrdlemist. Väikestes jõgedes on vähe vett. Ka nende vool on seepärast nõrk. Nõrk on ka tuulegeneraatori poolt toodetav vool. Emajõe vee voolu tugevust võime võrrelda aga juba Ellamaa elektrijõujaama elektrivoolu tugevusega. Dneprogesi hüdroelektrijaamas toodetava voolu tugevust võiks võrrelda aga Euroopa suurima jõe Volga voolu tugevusega.

Valemites tähistatakse voolutugevust tähega *I*.

Elektri pinget võib võrrelda veepindade kõrguste vahe ehk langusega. Vee langusel on suur tähtsus. Kui ei oleks langust, ei oleks ka vee voolamist. Teame, et Emajões vesi voolab seepärast, et tema lähe (Võrtsjärv) asub suudmest (Peipsi järvest) 30 m kõrgemal. Paljud teist on Emajõge näinud. Emajõe vool on vaikne. See on tingitud asjaolust, et tema langus on väike. Voolaks sarnane jõgi aga Kaukaasia mäestikus 1000 m kõrguselt alla orgu, siis muutuks ta võimsaks mägijõeks, mis murrab teel puid ja kannab kaljusid. Elektriga on lugu sama. Kui oleksid elektriallika pooluste potentsiaalid (vrd. jõe lähe, jõe suue) võrdsed, ei voolaks juhtmeis elektrit. Seepärast, et juhtmes tekiks elektrivool, peab olema pooluste vahel p o t e n t s i a a l i d e v a h e ehk p i n g e. Mida kõrgem on pinge, seda tugevam on ka vool. Öeldakse: v o o l u t u g e v u s j a p i n g e o n v õ r d e l i s e d s u u r u s e d.

Pinge mõõtühikuks on volt (V).

1 kV (kilovolt) = 1000 V,
1 V = 1000 mV (millivolti),
1 mV = 1000 μV (mikrovolti).

Võrdleme mõningaid pingeid:

välgu pinge on 200—1000 miljonit volti,
meie valmistatud induktsioonelektri masinal — üle 100 000 V,
eluruumide elektriseadmete pinge — 110—220 V,
raadiovastuvõtja antennides — mõni mikrovolt.

Kui elemendist voolu ei võeta, s. t. elektroodid on omavahel ühendamata, siis öeldakse, et e l e m e n t o n a v a t u d. On aga elektroodid omavahel ühendatud, siis on meil tegemist s u l e t u d elemendiga. Kontrollides voltmeetriga avatud ja suletud elemendi pinget, selgub, et avatud elemendi pinge on suletu pingest s u u r e m. Tavaliselt

nimetatakse avatud elemendi pinget elektromotoorseks jõuks (EMJ) ja suletud elemendi pinget klemmipingeks.

Valemites tähistatakse pinget tähega U ja elektromotoorset jõudu tähega E.

Eespool juba leidsime, et veevoolu võimsus oleneb läbivoolava vee hulgast ajaühikus ja languse kõrgusest. Tõepoolest, tasasel maastikul voolav jõeke suudaks käitada näiteks ainult ühte veskikivi. Tõstame selle jõekese veelanguse aga neljakordseks, suudaks selle vool käitada juba nelja veskikivi. Samuti on elektrivooluga. Elektriline võimsus, kui vool jääb endiseks, suureneb niimitu korda, kuimitu korda kõrgeneb tema pinge.

Võimsust N mõõdetakse elektrotehnikas vattidega (W) ja teda arvutatakse valemi järgi

$$N = IU,$$

milles I tähistab voolu ja U pinget. Sama valemit saab kasutada ka voolu I ja pinge U arvutamiseks:

$$I = \frac{N}{U} \text{ amprit,}$$

$$U = \frac{N}{I} \text{ volti.}$$

Kasutades võrdlusena veetorustikku, paneme tähele uusi vastavusi elektrivoolu ja veevoolu vahel. Jämedad veetorud suudavad ajaühikus läbi lasta palju vett. Teeme aga torud peenemad, siis takistame sellega vee voolu, ja läbivoolava vee hulk ajaühikus väheneb. Jämedad elektrijuhtmed lasevad läbi suuri elektrihulki, peenikestes juhtmetes on aga elektrivool takistatud ja neist pääseb ajaühikus läbi vähe elektrit. Eeltoodud võrdlusest võime teha järelduse: mida suurem on takistus, seda nõrgem on vool. Öeldakse: vool ja takistus on pöördvõrdelised suurused. Eespool leidsime, et vool ja pinge on võrdelised suurused. Need kaks järeldust tegi Georg Ohm juba enam kui 100 a. tagasi. Sõnastus: elektrivool on võrdeline pingega ja

pöördvõrdeline takistusega kannab Ohmi seaduse nime.

Juhtme takistus oleneb juhtme pikkusest, läbimõõdust ja materjali elektrilistest omadustest. Vooluallika pooluseid ühendava traadi ja voolutarbijate takistust nimetame välistakistuseks, vooluallika sisemuses tekkivat takistust aga sisetakistuseks. Sisetakistuse moodustavad elektrivoolu puhul vedelikes elektrolüüt, elektroodid ja depolarisaator. Ta sõltub elektroodide pinna suurusest, nende kaugusest teineteisest, temperatuurist jne. Vooluringi kogutakistuse moodustab väli- ja sisetakistuse summa.

Takistust tähistatakse tähega R. Tema mõõtühikuks on oom (Ω).

1 MΩ (megoom) = 1 000 000 Ω,
1 kΩ (kilo-oom) = 1000 Ω.

Näiteks omaks takistust 1 MΩ 2 mm-lise läbimõõduga rauast telefonitraat, mis ulatuks ekvaatori kohal 1 kord ümber maakera, 1 Ω-se takistuse aga 1 m pikkune jõhvijämedune vasktraat läbimõõduga 0,15 mm.

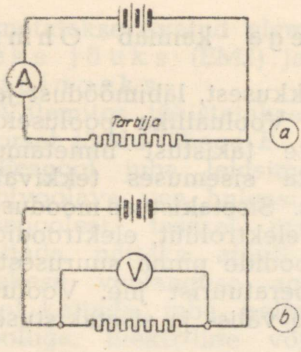
Materjalide elektrilise omaduse võrdlemiseks iseloomustatakse neid elektrilise eritakistuse kaudu. Mingi metalli eritakistuseks nimetame sellest metallist valmistatud 1 m pikkuse ja 1 mm² ristlõikepinnaga traadi takistust oomides. Nii on

hõbeda	eritakistus	0,016	Ω	mm²/m,
vase	„	0,0175	Ω	„
alumiiniumi	„	0,028	Ω	„
raua	„	0,1—0,14	Ω	„

Lahustest (elektrolüütidest) on väiksema eritakistusega 20%-sed väävelhappe, soolhappe ja keedusoola lahused. Destilleeritud vesi, s. o. täiesti puhas vesi, ei juhi elektrit.

§ 22. Voolu ja pinge mõõtmine.

Voolu mõõdetakse ampermeetriga. Mõõtmisel lülime ampermeetri A järjestikku vooluallika ja tarbijaga



Joon. 56. *a* — voolu mõõtmine, *b* — pinge mõõtmine.

(joon. 56 *a*). Ampermeetri kasutamisel peame silmas, et me milliampermeetrit ei lüli ampritesse ulatuva voolu mõõtmiseks. Selliselt võime mõõteriista rikkuda.

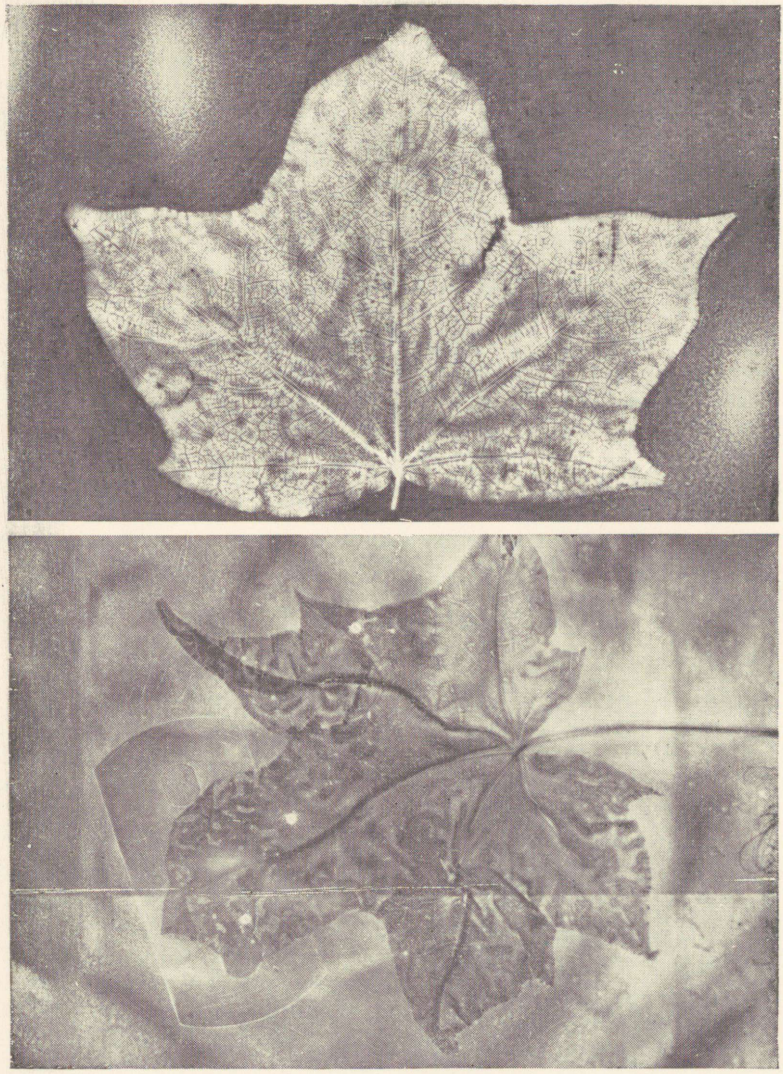
Vooluallikate ja mitmesuguste tarbijate klemmipinget mõõdame voltmeetriga. Mõõtmisel lülime voltmeetri V ja tarbija vooluringi paralleelselt (joon. 56 *b*). Volt- ja ampermeetri ehituskirjelduse leiate paragrahvis 35. Takistusmõõtja ehituskirjeldust ja sellega takistuste mõõtmist vt. §§ 45 ja 46.

§ 23. Kasutatavamaid elemenditüüpe.

Mitmesugustest katsetest võime järeldada, et erinevate elektrolüütide puhul on ka elektroodide vahel valitsev potentsiaalide vahe erinev. Asetades keedusoola lahusesse vaheldumisi vasest ja rauast, vasest ja tsingist, tsingist ja söest elektroodid, näeme, et ka iga erineva metallipaari (ka söe) vahel, mis on asetatud ühte ja samasse elektrolüüti, valitseb erineva suurusega pinge.

Alljärgnevast tabelist leiate tänapäeval kasutatavamaid lihtsamaid elemenditüüpe ja nende omadusi:

Elemendi nimetus	Elektroodid	Elektrolüüdid	Ehitusviis	Pinge	Omadusi
Bunseni element	Vask +	Kontsentreeritud lämmastikhape	Poorne vahesein		
	tsink —	10%-line väävelhape		1,9	Püsiv
Danielli element	Vask +	Kontsentreeritud vasevitrioli lahus	Savist poorne vahesein		
	tsink —	10%-line väävelhape		1,1	Väga püsiv



Elektrikiirgusega fotografeeritud puulehed: ülal — fotografeeritud otse paberile, all — läbivalgustus.

Elemendi nimetus	Elektroodid	Elektrolüüdid	Ehitusviis	Pinge	Omadusi
Kroomhappeelement	Süsi + tsink —	200 g naatriumdikromaati 150 g kontsentreeritud väävelhapet ja 1000 g vett	Vedelikud on vaheseinaga eraldamata	1,2	Annab tugevat voolu, kui elektroodid pöörlevad Tsink tuleb elemendi mittetarvitamisel elektrolüüdist välja tõsta
Leklanšee element	Süsi + tsink —	Küllastatud salmiaagilahus	Depolarisaator: 1 osa söepuru ja 3 osa pruunkivipulbrit	1,45	Pinge ei ole püsiv, kuid element on odavuse tõttu paljukasutatav

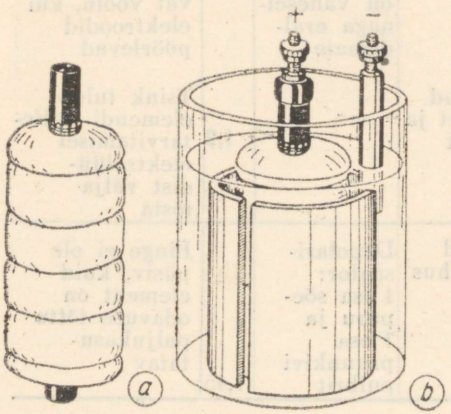
§ 24. Leklanšee elemendi ehitamine.

a. Märgelement.

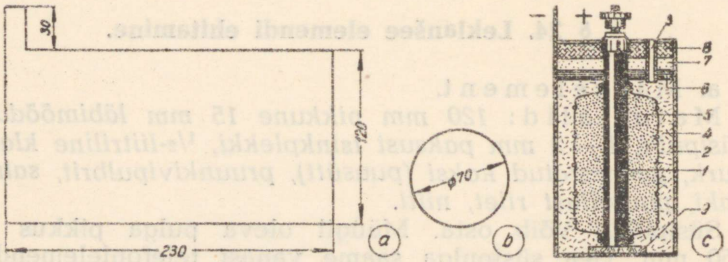
Materjalid: *120 mm pikkune 15 mm läbimõõduga süsipulk, 1—2 mm paksust tsinkplekki, ½-liitriline klaaspurk, peenestatud koksi (puusütt), pruunkivipulbrit, salmiaaki, puuvillast riiet, niiti.*

Süsipulka võib osta. Müügil oleva pulga pikkus on 250 mm. Hea süsipulga saame vanast telefonielemendist koos korraliku kontaktkruviga. Depolarisaator, s. o. süsipulga ümber oleva söepuru ja pruunkivipulbri segust valmistatud mass, tuleks uus teha. Selleks purustame koksi või lehtpuusütt või kasutame grafiiti ja segame kolme osa pruunkivipulbriga. Valmistame õhukesest puuvillasest riidest umbes 200 mm sügavuse ja 140 mm laiuse põhjata koti. Koti seome süsielektroodi alumise otsa külge niidiga tugevasti kinni. Nüüd leiame 5 mm sügavuse ja 15 mm-lise läbimõõduga augu, kuhu me elektroodi alumise otsa pistame. Edasi tambime söepuru ja pruunkivi-

pulbri veega niisutatud segu kotti. Et kotile tuge ja vormi anda, mähime ta peale täitmist paberiga ümbert kinni ja paberi omakorda niidiga. Selliselt laeme koti 85 mm kõrguseni, suleme ta ja elektrood ongi valmis (joon. 57 *a*).



Joon. 57. Leklanšee märgelement: *a* — süsielektrood depolarisaatoris, *b* — element.



Joon. 58. Leklanšee kuivelement: *a* — tsinkelektrood, millest ühtlasi valmistatakse ka elemendi anum, *b* — anuma põhi, *c* — element läbilõikes.

Tsinkplekist valmistame torutaolise tsinkelektroodi. Juhtme kinnitamiseks joodame elektroodi ülemisse serva klemmkruvi. On elektroodid valmis, kuivatame hästi nende elektrolüüdist väljaulatuvad osad ja kastame need osad sulasse parafiini. Seega takistame salmiaagi „väljaronimist". Asetame nüüd elektroodid ½-liitrisesse klaas-

purki. Eraldi nõus valmistame umbes veerand liitrit küllastunud salmiaagilahust. Lahuse kallame elektroodide vahele nii, et ta ulatuks umbes $^3/_4$ elektroodide kõrguseni. Purgi kaanetame võimalikult tihedalt mingi isoleeriva kattega — vineerist, lauast või parafineeritud papist. Seega kaitseme vedeliku auramist. Leklanšee element on kujutatud joonisel 57 *b*.

b. K u i v e l e m e n t. Kuivelemendina on praktiliselt tuntud telefoni kuivelemendid, taskulambipatareis olevad elemendid jne. Kuivelemendid on leklanšee elemendi tüüpi ja nende valmistamine on lihtne.

M a t e r j a l i d: *tsinkplekki, süsipulk, salmiaaki, sõepuru, pruunkivipulbrit, puuvillast riiet, niiti, klaasitükike.*

Lõikame tsinkplekist joonisel 58 *a* ja *b* toodud mõõdetega vastavakujulised tükid. Joonisel 58 *a* toodud kujundi painutame ja joodame torukujuliseks; sellele joodame alla ketta, mis on kujutatud joonisel 58 *b*. Seega on elemendi anum ja ühtlasi ka tsinkelektrood valmis. Süsielektroodi valmistame varemkirjeldatud viisil. Nüüd asetame tsinkanuma põhja klaasitüki 9 (joon. 58 *c*) tsink- ja süsielektroodi eraldamiseks. Selle järel asetame kohale süsielektroodi *1* koos depolarisaatoriga *5* (sõepuru ja pruunkivipulbri segu kotis). Edasi laeme elektrolüüdimassi. See on lehtpuidu saepuru *4*, mida on leotatud 1—2 tundi küllastatud salmiaagilahuses. Enne purki asetamist pigistame saepuru kuivaks ja surume siis tugevasti elektroodide vahele kokku. Saepuru peale ilmuva vee kallame ära. On anum selliselt täidetud depolarisaatorikihi ülemise servani, kuivatame elektroodide elektrolüüdist väljaulatuvad osad, asetame kohale 2—4 mm-lise siseläbimõõduga klaastorukese *3*, mille kaudu tekkiv gaas saab eralduda, ja valame elemendi *5* mm paksuse parafiinikihiga *6* üle. Parafiinikihile asetame 10 mm paksuse kihi märga saepuru *7* ja ülejäänud osa purgist täidame asfaltpigiga *8*. Seega ongi kuivelement valmis.

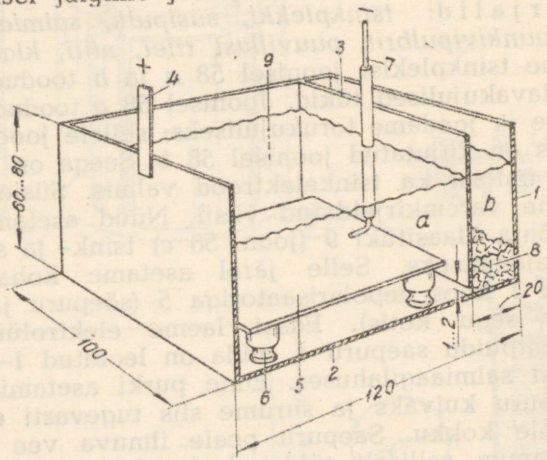
Kellel võimalik, see võiks saepurust elektrolüüdimassi asemel kasutada pastat: 1 osa salmiaaki, 2 osa vett, 3 osa kipsi, 1 osa tsinkvalget.

c. Vasevitriolielemendi valmistamine.

Vasevitriolielement on lihtne galvaani element. Tema ehituse põhimõtteid kirjeldatakse ajakirjas „Радио", 1948, nr. 1. Ta on eriti kohane iseehitamiseks, kuna tema ehitamiseks vajatavaid materjale on kõikjalt saada.

Materjalid: *0,5—1 mm paksust raudplekki, 0,5—1 mm paksust vaskplekki, 0,5—1 mm paksust tsinkplekki, neli alla 30 mm kõrget portselanisolaatorit (rullikut), glaubrisoola, vasevitrioli.*

Ehitamisel jälgime joonist 59.



Joon. 59. Vasevitriolielement.

Elemendi anuma seina *1* valmistame 0,5—1 mm paksusest raudplekist (vask-, messing- või pliiplekist).

Anuma põhja 2, mis moodustab elemendi positiivse elektroodi, valmistame vask-, messing- või pliiplekist paksusega 0,5—1 mm ja joodame anuma alla.

Vaheseina *3* valmistame samuti plekist. Vaheseina joodame anumasse, nii et tema ja anuma põhja vahele jääks 1—2 mm laiune pragu. Selle prao kaudu pääseb vasevitrioli lahus ruumist *b* ruumi *a*.

Valminud anuma siseseinad — ka vaheseina, kuid mitte

põhja, kataṃe mingi kindla vettpidava isoleeriva lakiga (asfaltlakk, nitrolakk). Anuma välisseina külge joodame veel messingplekist klemmi või klemmkruvi *4*. Seega oleks positiivne elektrood korras.

Negatiivse elektroodi *5* valmistame 0,5—1 mm paksusest tsinkplekist ja nii suure, et ta avaralt ruumi *a* mahub.

Negatiivse elektroodi eraldame positiivsest seega, et paneme ta anuma põhjale asetatud neljale isolaatorile (rullikule) *6*. Isolaatorite kõrgus on 20—30 mm.

Juhtme *7*, mis on kaetud hea kummiisolatsiooniga, joodame elektroodile. Isolatsioonist vabanenud koha, samuti tinajäljed katame asfaltlakiga.

Ruumi *b* paneme 10—15 mm paksuse kihi jämedakristalset vasevitrioli *8*. Seega on element valmis. Et vasevitriolielementi ei või loksutada, siis asetame ta enne elektrolüüdiga täitmist temale määratud kohta.

Elektrolüüdi *9* valmistame 5%—10% glaubri- või kibesoolast ja kallame anumasse. Umbes 10 tunni möödumisel kattub kogu anuma põhi (positiivne elektrood) vasevitrioli lahuse kihiga. Nüüd on ka element kasutamiseks valmis. Et vältida elektrolüüdi kiiret aurumist, kaanetame selle tihedalt vineeri või paksu papiga.

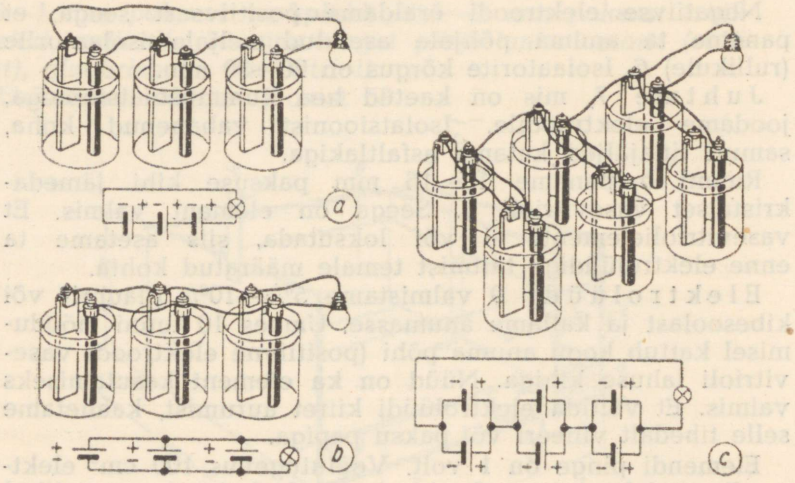
Elemendi pinge on 1 volt. Voolutugevus 100 cm^2 elektroodi pindala juures 3—4 amprit. Valmistades vajalikul arvul (1—4 tükki) sääraseid elemente ja ühendades nad järjestikku (§ 25), saame patarei, mida võime kasutada raadiovastuvõtja lampide kütmiseks, suhteliselt kalli akumulaatori asemel.

§ 25. Patareid.

Üksiku leklanšee elemendi pinge ja seega ka meie poolt valmistatud elemendi pinge on 1,45 V. See pinge on madal isegi taskulambi süütamiseks. Et pinget tõsta, selleks ühendatakse elemendid patareideks. Taskulambipatareis leiate näiteks kolm elementi. Kui palju aga neid peaks olema raadio anoodpatareis?

Pinge tõstmiseks ühendatakse üksteisega elemendid järjestikku, see tähendab ühe elemendi plusspoolus

(süsi) ühendatakse teise elemendi miinuspoolusega (tsink) jne. (joon. 60 *a*). Patarei pinget arvutatakse järjestikku-lülituse puhul järgmiselt: elemendi pinge korrutatakse elementide arvuga. Näiteks joonisel 60 *a* on järjestikku-lülituses elemendid pingega 1,45 V, elementide arv on 3, seega patarei pinge $3 \cdot 1{,}45\ \text{V} = 4{,}35\ \text{V}$.



Joon. 60. Elementide lülitused: *a* — järjestikku-lülitus, *b* — paralleellülitus, *c* — segalülitus.

Peale kõrgema pinge vajame mõningateks otstarveteks (galvaniseerimine) ka kestvalt tugevamat voolu, kui seda suudab anda üks element. Meie elemendid ei suuda tugevat voolu anda, sest nende sisetakistus (vt. § 21) on suur. Takistust saab aga seega vähendada, kui elemendid paralleelselt ühendada, see tähendab: üksikute elementide plusspoolused ja miinuspoolused ühendatakse omavahel (joon. 60 *b*).

Peale elementide järjestikku- ja paralleellülituste tehakse veel nn. segalülitusi. Segalülitustes ühendatakse osa elemente pinge tõstmiseks järjestikku, osa aga tugevama voolu saamiseks paralleelselt (joon. 60 *c*). Säärane pata-

rei on suuteline ka taskulampi kaks korda pikemat aega toitma kui harilik patarei.

Patareiraadio omanikud valmistavad sageli endale ise üksikuist taskulambipatareidest anoodpatareisid, ühendades mõnikümmend taskulambipatareid järjestikku. Seda tuleb teha aga hoolikalt. Joodetud ühendused on kõige paremad. Halbade ühenduste puhul tõuseb anoodpatarei kogutakistus (vt. § 21) ja patarei väärtus langeb tunduvalt.

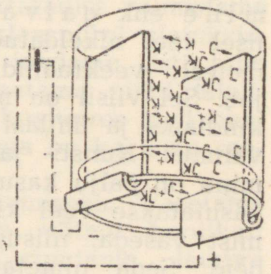
Anoodpatareiks ühendatud üksikuid taskulambipatareisid peab aeg-ajalt voltmeetriga kontrollima ja tühjenenud patareid ahelast kõrvaldama.

§ 26. Elektrolüüs.

Elektrijuhe võib näida täitesulepeana sellele, kes ei tea midagi elektrolüüsist. Lahustame umbes 10 cm^3 vees 2 g joodkaaliumi ja niisutame selle lahusega puhta valge paberilehe. Niiske paberilehe alla vajutame tihedasse kontakti ühenduse elektripatarei negatiivse poolusega. Positiivse pooluse külge seome aga elektrijuhtmeks umbes 0,50 m pikkuse 0,5 mm-lise läbimõõduga traadi. Selle positiivse pooluse külge seotud juhtmeotsaga samale paberile kirjutades tekib paberil ilus pruun kiri. Sinise kirja saate, kui eespoolnimetatud lahusele segate lisaks veidi kartulijahu-kliistrit.

Kirjeldatud nähtuse põhjuseks on fakt, et kui lahustest (leelised: seebikivi, kaalileelis jne., hapetest: soolhape, väävelhape jne., sooladest: keedusool, joodkaalium jne.) elektrivool läbi läheb, siis lahused lagunevad voolu toimel. Seda nähtust nimetatakse elektrolüüsiks ja vedelikke elektrolüütideks.

Meie katses laguneb joodkaaliumi lahus elektrivoolu toimel nii, et kaaliumi osakesed eralduvad negatiivse pooluse ehk katoodi juures, kuna joodi osakesed eralduvad positiivse pooluse ehk anoodi



Joon. 61. Elektrolüüs.

juures. Seepärast värvubki paber elektrijuhtmega kirjutades joodpruuniks.

Tuletame meelde katseid elektrostaatikas. Seal nägime, et samanimelised elektriosakesed tõukuvad üksteisest eemale ja isenimelised tõmbuvad üksteise külge. Joodkaaliumi lahuse lagunemise põhjused on sellele nähtusele sarnased (joon. 61). Joodkaalium koosneb keemiliselt ühinenud joodi (J) ja kaaliumi (K) osakestest. Joodi osakesed on laetud miinuselektriga ja tõmbuvad seepärast plusspooluse ehk anoodi külge. Kaaliumi osakesed on laetud plusselektriga ja tõmbuvad seepärast miinuspooluse ehk katoodi külge.

Katoodile kogunevad kõik metallid ja ka vesinik. Ülejäänud elemendid tõmbuvad aga anoodile.

Elektrolüüsiga on otseses seoses polarisatsiooninähtus. Ka igas galvaani elemendis tekib elektrolüüs. Nii näiteks leklanšee elemendis kattub anood voolu võtmisel vesiniku kihiga. Selle tagajärjel tekib elemendis tema elektromotoorsele jõule vastu suunatud nn. polarisatsiooni elektromotoorne jõud, mille tulemusena elemendist saadav vool nõrgeneb. Polarisatsiooninähtuse vältimiseks kaetakse anood vesinikku siduva ainega, depolarisaatoriga.

Elektrolüüs on tehnikas väga laialt kasutatav. Tema abil toodetakse ja puhastatakse mitmesuguseid väärtuslikke aineid. Muuseas ka meil praegu igapäevases elus paljukasutatav leelis — seebikivi — saadakse elektrolüüsi teel tavalisest keedusoolast. Elektrolüüsi teel toimub ka elektrit juhtivate esemete metalliga katmine — metallitamine ehk galvaniseerimine. Nii on elektrolüütilisel teel nikeldatud suurem osa igapäevastest tarbeesemetest: veekraanid, auto-, jalgratta-, õmblusmasinaosad jne. Sel viisil on muudetud raud- ja vaskesemed roostekindlaiks ja ühtlasi antud neile esemetele ka nikli kaunis välimus. Kunsti- ja ehteesemete kuldamine ning hõbetamine on palju kasutatud kullasseppade poolt. Väga sageli kasutatakse veel kipsist, vahast, kummist koopiate katmist vasega, niisugusel teel saadakse metallist äratõmbeid. Seda nimetatakse siis galvanoplastikaks. Tööstuslikud galvaniseerimisaparaadid ja -viisid on kee-

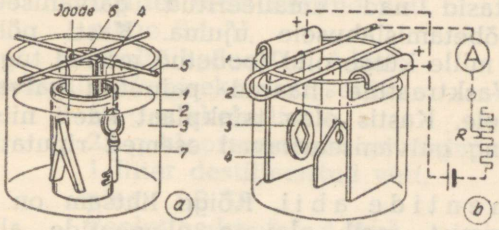
rulised, kuid lihtsa galvaniseerimisseadeldise koostamine ja galvaniseerimise teostamine on meilegi täiesti jõukohane.

§ 27. Galvaniseerimine.

a. Ilma välisvooluallikat kasutamata.

Materjalid: *laiem 2-liitrine klaaspurk, väiksem lillepott, tsinkplekki, vasktraati läbimõõduga 2 mm ja 0,5—1 mm, vasevitrioli, väävelhapet, destilleeritud vett (tolmuvaba vihmavesi, lumevesi).*

Jälgida joonist 62 *a*.



Joon. 62. Galvaniseerimine: *a* — ilma välisvooluallikat kasutamata, *b* — elementide abil.

Asetame põhjast kinnikorgitud savist emaileerimata lillepoti *1* klaaspurki *2*. Nüüd kallame klaaspurki niipalju vasevitrioli lahust *3*, et see lillepoti $^3/_4$ kõrguseni ulatub. Savipotti aga kallame $^3/_4$ potitäit 3%-list väävelhappe lahust *4*. 2 mm-lise läbimõõduga vasktraadist valmistame nii suure risti *5*, et selle haarad üle klaaspurgi ulatuksid. Tsinkpleki *6* aga keerame toruks ja joodame risti talle peale. Risti nühime hästi läikima. Asetame nüüd tsinktoru lillepotti väävelhappe lahusesse, kusjuures risti haarad ulatuvad klaaspurgi servadele. Seega on ka meie seadeldis valmis.

See seadeldis on korraldatud vasetamiseks. Vasetame näiteks võtme *7*. Selleks puhastame võtme hoolikalt (vt. § 4 b — Metallitamine). Võtme riputame läikiva vasktraadiga ühele risti haarale nii, et ta üleni vasevitrioli

lahusesse ulatuks. Lühikese aja jooksul kattub võti punaka vasekorraga. Galvaniseerimise lõppedes peseme esemed (vt. § 4 b).

Et käesoleval juhul on tegemist elektrilise metallitamisega, seda võime järgmiselt kontrollida. Võtame ampermeetri ja lülime järjestikku tsingi, ampermeetri ja galvaniseeritava eseme. Ampermeeter näitab voolu. Tähendab, meie galvaniseerimisseadeldis, nagu juba aru võis saadagi, on ühtlasi ka vooluallikaks, mille üheks elektroodiks on tsinktoru, teiseks aga galvaniseeritav ese ise.

Sellelaadilist seadeldist kasutasid kullassepad kuldamisel ja hõbetamisel alles mõni aeg tagasi. Nad tõmbasid puust kastikujulisele raamistikule loomapõie. Niiviisi valminud kasti asetasid nad emaileeritud galvaniseerimisvanni kuldamis-hõbetamislahusele ujuma. Kasti põhja asetati tsinkplaat, mille külge olid joodetud mõned tugevad vasktraadid. Vasktraatide haarad painutati galvaniseerimisvanni äärtele. Kastis olev tsinkplaat kaeti niiske keedusoolaga ning galvaniseeritavad esemed riputati vasktraatidele.

b. Elementide abil. Kõige lihtsam on korraldada galvaniseerimist meil olevate elementide abil. Nõuna võime kasutada sama klaaspurki *1* (joon. 62 *b*). Nõule asetame kas eelmise katse jaoks valmistatud vaskristi, või mõne teise vasest traadi *2*, mille külge riputame peenikesema vasktraadiga galvaniseeritavad esemed *3*. See vasktraat koos galvaniseeritavate esemetega on seega katoodiks, kuna anoodiks võetakse harilikult sellest metallist plaadid või esemed *4*, millise metalliga mingit galvaniseeritavat eset katta soovitakse. Galvaniseeritavad esemed asetatakse vanni anoodplaatide vahele. Näiteks nikeldamise puhul on anoodiks nikkelplaadid; vasetamise puhul vaskplaadid jne. Ka ilma sääraste plaatideta (esemeteta) saab galvaniseerida, kuid siis väheneb metallisoola hulk elektrolüüdis ja elektrolüüdi kontsentratsiooni peab pidevalt jälgima ning tõstma.

Galvaniseerimisvedelikuks — elektrolüüdiks — on tarviduse järgi kas nikli-, vase-, kulla- või mõne muu metallisoola vesilahus destilleeritud vees, millesse elektrijuhti-

vuse tõstmiseks harilikult on lisatud ka väävelhapet. Kui on õigesti valitud voolu tugevus ja pinge, siis saadakse sellise metallitamisega häid tulemusi.

Alljärgnevalt mõned retseptid ja juhised:

1. Vasetamine:

200 g vasevitrioli,
30 g väävelhapet,
1 liiter destilleeritud vett,
pinge 1—1,9 V,
voolutihedus 1—2 A/dm².

2. Nikeldamine:

55 g nikkelammooniumsulfaati,
15 g boorhapet,
1 liiter destilleeritud vett,
pinge 3,1 V,
voolutihedus 0,3 A/dm².

3. Vaskasjade nikeldamiseks eriti sobiv:

50 g nikkelsulfaati,
25 g kloorammooniumi (salmiaak),
1 liiter destilleeritud vett,
pinge 1,9 V,
voolutihedus 0,5 A/dm².

Hõbetamist ja kuldamist meie ei puuduta, sest nendega metallitamisel kasutatakse mürgist tsüaankaaliumi.

Nagu näeme retseptidest, tuleb silmas pidada pinget ja voolutihedust. Voolutihedus oleneb galvaniseeritavate esemete pindalast. Näiteks voolutihedus 0,5 A/dm² tähendab, et ühe ruutdetsimeetrilise pindala katmisel peab voolutugevus olema 0,5 A. Suurema või väiksema pindala kohta saame õige voolu, kui 0,5 A/dm² korrutame galvaniseeritava pindalaga ruutdetsimeetrites.

Keskmiselt vältab galvaniseerimine 2—3 tundi. Selle aja jooksul kujunev metallikiht on 0,02—0,03 mm paks. Kasutades taskulambipatareisid, tuleb mõnel juhul vajaliku galvaniseerimispinge saamiseks lülida vahele reostaat[1] (vt. § 66). Olenevalt voolutarvidusest, tuleb mõnel juhul kasutada paralleelselt ühendatuna mitut patareid.

[1] Reostaat — seadis, mis omab muudetava suurusega elektritakistust.

Ka voolu reguleerime reostaadiga ja jälgime ampermeetriga, mis tulevad vooluringi lülida järjestikku (joon. 62 *b*).

On küllalt juhtumeid, kus esemest soovitakse galvaniseerida ainult teatud pinnaosa. Säärasel juhul kaetakse ese mujalt vees mittelahustuva lakiga.

Veel peame silmas, et iga metalliga otsene katmine ei anna igakord häid tagajärgi, vaid sageli tuleb kasutada enne mõne teise metalliga katmist. Nikeldada võib näiteks otse messingile ja vasele. Raud tuleks enne nikeldamist katta aga vasega.

Juhendid pesemise ja kuivatamise kohta on varem antud (§ 4 b).

§ 28. Galvanoplastika.

Galvanoplastika all, nagu juba märgitud, mõistetakse asjadelt elektrolüüsi teel metalläratõmmete — koopiate — valmistamist. Kopeeritavast esemest valmistatakse kas vaha-, kips- või parafiinvorm (kuju), mis grafiidiga tehakse elektrit juhtivaks ja asetatakse katoodina vasevitrioli lahusesse (vasetamisvanni, kui soovitakse vaskäratõmbeid saada). Anoodiks võetakse vaskplekk. Edasine töökäik sarnaneb galvaniseerimisega.

Vormil tekkiv vasekiht on vormilt eemaldatav.

Galvaniseerimise leiutas vene akadeemik B. S. Jakobi 1837. aastal.

Tuntud galvanoplastiline vormimass on nn. parafiinvahamass, mis sisaldab 70 g parafiini, 490 g kollast mesilasvaha ja 17,5 g paksu tärpentiini. Pärast sulatamist lisatakse juurde 122,5 g head grafiidipulbrit.

Katsena vormime stearriinist või parafiinist mingi kuju. Katame selle kõige peenema ja puhtama grafiidipulbriga, kandes grafiidi esemele pehme pintsliga. Eseme vanni asetamiseks seome tema ümber võimalikult jämeda läikiva vasktraadi. Hea kontakti saamiseks võib traadi alla pista tükikese vaskplekki. Kattumine toimub paremini sooja elektrolüüdi puhul. Jälgida tuleb, et elektrolüüt oleks läbipaistvalt selge. Vajaduse korral tuleb elektrolüüti filtreerida (läbi valge filterpaberi — hea valge kuivatuspaber klaaslehtril — kurnata).

Hea vahend esemete muutmiseks elektrit juhtivaiks on nn. „kuldpronks". Seda peaks aga enne tarvitamist eetri või piiritusega pesema, et teda rasvast (õlist) vabastada.

§ 29. Akumulaatorid.

Elektrolüüsi kirjeldamisel nägime, et kui asetada lahusesse näiteks kaks tsinkplaati ja ühendada need vooluallika klemmidega, siis lahust läbiv elektrivool lagundab lahust nii, et metallid ja vesinik eralduvad katoodil, muu osa aga anoodil. Selle tagajärjel muutuvad anoodi ja katoodi pinnad erinevateks, nagu oleksid nad erimetallidest. Paragrahvis „Elektrivool vedelikes" (§ 20) nägime, et kui kaks erinevat metalli panna teatud keemilisse lahusesse, siis tekib neid metalle ühendavas juhtmes elektrivool. Järelikult peaks ka nende elektrivoolust läbitud plaatide ühendamisel tekkima juhtmes vool (on nad ju omadusilt muutunud). Tõelikult ongi see nii. Tekkiv vool, nn. t ü h j e n d a m i s v o o l, on aga oma suunalt vastupidine eelnenud nn. l a a d i m i s v o o l u l e. See vool kestab vaid niikaua, kuni elektroodid on jälle endisteks muutunud. Kui tahetakse uuesti voolu tekitada, tuleb uuesti l a a d i d a.

Eriti tugevat ja kestvat voolu tekitavad lahjendatud väävelhappesse asetatud pliiplaadid. Lahjendatud väävelhappesse asetatud pliiplaadid, mitmesuguste tehniliste muudatustega, kujundavadki tänapäeval enamkasutatavamad sellelaadsed vooluallikad. Neid vooluallikaid nimetatakse s e k u n d a a r - e l e m e n t i d e k s. Igapäevases tehnikas on nad tuntud a k u m u l a a t o r i t e n a ehk a k u d e n a.

Peale hapeakumulaatorite on laialdaselt levinud veel leelisakumulaatorid. Nende elektroodideks on auklikud vastavate keemiliste ühenditega täidetud raud- ja nikkelplaadid. Leelisakude elektromotoorne jõud on väiksem hapeakumulaatorite elektromotoorsest jõust. Nende eeliseks on aga suurem mehaaniline vastupidavus, laadimise ja tühjenemise voolu tugevus ei ole piiratud, samuti pole piiratud tühjenemine ja nende iga on suurem.

Akumulaatorite mahutavust hinnatakse a m p e r t u n-

d i d e s. Mahutavus näitab, mitu tundi suudab aku anda lubatava pingega (2,7 voldist 1,8 voldini) ühe ampri tugevust voolu.

§ 30. Hapeakumulaatori ehitamine.

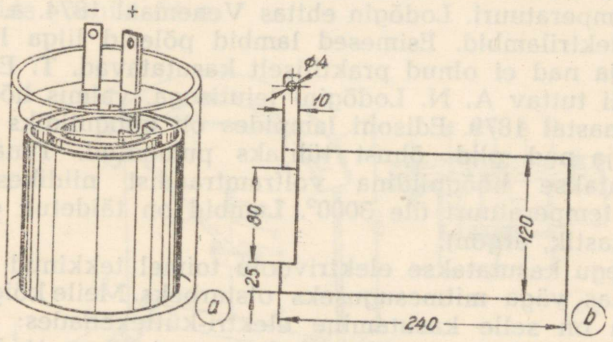
M a t e r j a l i d: 1-liitrine klaaspurk, 2 paksemat pliiplaati mõõdetega 120×150 mm, väävelhappe ja destilleeritud vee lahust erikaaluga 1,17—1,23 (soovitav muretseda valmina akulaadimise asutisest)[1], *kaks montaažikruvi, lauatükk.*

Akumulaatori valmistamisel on põhimõtteks: mida suurema pinnaga plaadid, seda suurema mahutavusega aku.

Plaatide kuju võib olla ükskõik missugune. Tähtis on vaid, et pluss- ja miinusplaadid ei tohi elektrolüüdis kokku puutuda. Plaatide pindade, seega mahutavuse suurendamiseks on soovitav teha plaatidesse augud. Käesoleva juhise järgi valmistame plaadid joonise 63 *b* eeskujul. Joonisel kujutatud plaadi küljest tehtud väljapööratud osasse puurime 4 mm-lise läbimõõduga augu, millesse kontaktina kinnitame montaažikruvi. Plaadi painutame torutaoliseks nii, et see parajasti klaaspurki mahuks. Plussplaadi valmistame teisest väiksemast pliiplaadist samal viisil. Edasi valmistame lauatükist akukaane avaustega kontaktide jaoks. Kallame lahuse 10—15 mm üle plaatide ja suleme aku kaanega. Seega oleks ka aku laadimiseks valmis (joon. 63 *a*). Säärast akut aga ei saa transportida. Väga ettevaatlik peab olema isegi säärase aku ühest kohast teise tõstmisega. Tuleb teada, et kui akuvedelik esemetega kokku puutub, hävivad selle tagajärjel riidest, nahast, paberist, isegi puidust esemed. Samuti „sööb" väävelhape metalle. Seepärast on õige akumulaatoreid kaanetada kindlalt. Selleks valmistatakse parafineeritud papist tihedalt purki sulgev ketas. Kettas on augud elektroodide väljatoomiseks ja vedeliku uuendamise jaoks klaastoruke läbimõõduga 10 mm. Pappkettale valatakse 10 mm paksune pigikord. Klaastoru korgitakse kummikorgiga.

[1] Õnnetuste vältimiseks elektrolüüdi isevalmistamisel *t u l e b v a l a d a h a p e t v e t t e*, mitte vastupidi!

Kuigi meie aku juures on plussplaat väiksem, asudes nõu keskel, kergesti meelespeetav ja eraldatav miinusplaadist, märgime siiski kummagi plaadi kontakti juurde plaatide poolused „+" ja „—". Pooluseid on tingimata tarvis meeles pidada laadimiseks ja n e i d e i t o h i k u n a g i ä r a v a h e t a d a! Laaditakse 2,5—4-voldise pinge ja 0,5-amprise a l a l i s v o o l u g a. Meie aku annab esimese laadimise järel lühiajalist voolu. Korduva laadimise ja tühjendamise tagajärjel kasvab aga plaatidel



Joon. 63. *a* — aku, *b* — akuplaat.

aktiivmass ja plaadid suudavad juba küllalt kestvat voolu anda. Laadimise tulemusena muutub plusspoolus pruunikaks, miinusplaat jääb aga halliks. Aku omab laadimise lõpul pinget kuni 2,7 V. Tühjendamisel ei tohi pinge langeda alla 1,8 V. Langeb pinge 1,8 voldini, laeme uuesti. Akut ei tohi hoida laadimata mitte üle 1 kuu, ka mitte siis, kui teda ei tarvitata. Kui akut pikemat aega ei tarvitata, kallatakse elektrolüüt välja (aku laadimine vt. § 67).

§ 31. Valgus- ja soojusnähtused.

Võtke mingi väga peenike (läbimõõduga 0,05 mm) 50—200 mm pikkune takistustraadike (kroomnikkel-, konstantaan-, nikeliintraat) ja ühendage selle otsad taskulambipatarei poolustega. Traat hakkab hõõguma.

Et elektrijuhtmed voolu läbimisel soojenevad ja isegi hõõguma hakkavad, seda pandi juba ammu tähele. Hakati otsima võimalusi, kuidas seda nähtust praktilises elus kasutada. Leidurid mitmesugustel maadel tegelesid esmajoones sellega, kuidas voolu abil saadavat soojust kasutada valgustamiseks. Kõigepealt katsetati mitmesuguste metallniitidega. Kuid ühtki tuntud metallniiti ei saadud kasutada, sest nad kõik sulasid enne, kui suutsid anda nimetamisväärset valgust. Vene leidur A. N. Lodõgin tuli mõttele metalli asemel kasutada sütt. Süsi talub õige kõrget temperatuuri. Lodõgin ehitas Venemaal 1874. a. esimesed elektrilambid. Esimesed lambid põlesid liiga lühikest aega ja nad ei olnud praktiliselt kasutatavad. T. Edisonil, kes oli tuttav A. N. Lodõgini leiutisega, valmis hõõglamp alles aastal 1879. Edisoni lampides oli hõõgniidiks söeniidike, ja nad olid õhust tühjaks pumbatud. Tänapäeval kasutatakse hõõgniidina volframtraadist niidikest, mis talub temperatuuri üle 3000°. Lambid on täidetud gaasiga (lämmastik, argon).

Praegu kasutatakse elektrivoolu toimel tekkinud soojust tehnikas väga mitmesuguseks otstarbeks. Meile kõige lähedasem on selle kasutamine elektri-küttekehades: elektriahjudes, -pliitides, -triikraudades, -soojenduspatjades jne.

Meie tegeleme vooluallikatega — elementidest koostatud patareidega või akupatareidega. Nende kasutamine paljudeks otstarveteks ja ka madalamat pinget nõudvate elektrilampide süütamiseks on meile juba tuntud. Neid soojendusseadmete kütteks ära kasutada ei ole aga praktiliselt mõtet, kuna see oleks liig kallis. Me peaksime ehitama kohase voolu saamiseks õige palju suure mahutavusega elemente või akumulaatoreid.

Kooli füüsikatundidest ja ka igapäevasest elust teate, et kehad soojendamisel paisuvad: raudteeröövpad on jätkukohtadest üksteisest veidi eemal, et nad palavate ilmadega paisudes raudteeliini ära ei rikuks; soojendamisel hakkab liigselt täidetud veenõu üle ajama; täispumbatud jalgrattakummid lõhkevad päikesepaistel jne.

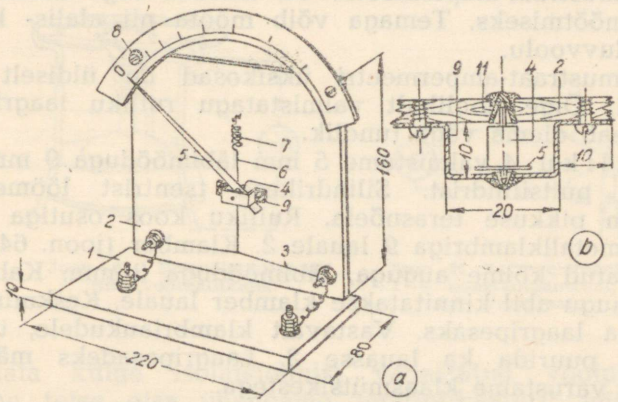
Sama on elektrijuhtmetega: mida enam juhe soojeneb, seda rohkem ta paisub — pikeneb. Juhe soojeneb aga enam tugevama voolu toimel. Seepärast võib öelda, et

mida tugevam vool läbib juhet, seda enam juhe pikeneb. Sellel põhimõttel on ehitatud k u u m u s t r a a t - a m p e r m e e t e r.

§ 32. Kuumustraat-ampermeetri ehitamine.

M a t e r j a l i d: *160×200 mm 4—6 mm paksust vineeri, 10 mm paksune lauake, 0,5 m takistustraati (kroomnikkel-) läbimõõduga 0,1 mm, kuus kruvi M 3×15, puidust kettakesi, klaastoru, terasnõel, kartongi, puidukruve.*

Jälgida joonist 64 *a*.



Joon. 64. *a* — kuumustraat-ampermeeter, *b* — läbilõikeline vaade klambrile ja rullikule.

220 mm pikkusele ja 80 mm laiusele alusele *1* on kinnitatud puidukruvidega pikemat külge mööda vineeritükk *2* mõõdetega 160×200 mm. Veel on alusele kinnitatud kaks kolme mutriga kruvikest läbimõõduga 3 mm. Laua *2* kummassegi serva, alla äärde, on kinnitatud 190 mm vahekaugusega kaks samasugust kruvikest. Nende kruvikeste vahele on tõmmatud pingsalt kroomnikkeltraat *3* läbimõõduga 0,1 mm. Laua *2* keskel asub laagritel kergesti pöörlevalt rullik *4*. Üks kord ümber rulliku on keeratud juba nimetatud kroomnikkeltraadist niidike. Niidikese

üks ots on kinnitatud spiraalvedru 7, teine ots aga traadi 3 külge (kinnitada tuleb traadi keskele). Rullikuga on ühendatud kergest materjalist osuti 5. Rullik koos osutiga on laagerdatud metallklambri 9 ja laua 2 vahele. Aparaadil on veel skaala 8.

Kui alusel olevad kruvid ühendada vooluallikaga, läbib vool takistustraati 3. Olenedes voolutugevusest, soojeneb ja pikeneb see rohkem või vähem. Vedru tõmbab niidikest 6 ja rullik teeb pöörde. Rullikuga ühes pöördub ka osuti ja näitab skaalal voolutugevust amprites.

Gradueerimine toimub samuti, nagu seda on kirjeldatud volt-ampermeetri ehitamisel (vt. § 35).

Kuumustraat-ampermeeter on kohane tugevamate voolude mõõtmiseks. Temaga võib mõõta nii alalis- kui ka vahelduvvoolu.

Kuumustraat-ampermeetri üksikosad on üldiselt väga lihtsad. Õige hoolikalt valmistatagu rulliku laagriseade. See peab olema väga tundlik.

Rulliku 4 valmistame 5 mm läbimõõduga 9 mm paksusest puitsilindrist. Silindrikese tsentrist lööme läbi 25 mm pikkuse terasnõela. Rulliku koos osutiga kinnitame metallklambriga 9 lauale 2. Klamber (joon. 64 *b)* on varustatud kolme auguga, läbimõõduga 3 mm. Kahe otsmise augu abil kinnitatakse klamber lauale. Keskmine auk on aga laagripesaks. Vastavalt klambriaukudele, tulevad augud puurida ka lauasse 2. Laagripesadeks määratud augud varustame klaasmütsikestega.

Klaasmütsikesed 11 valmistame klaastorust, mille läbimõõt on umbes 5 mm Klaastoru sulatame piiritustule leegil ja tõmbame peeneks. Tõmmatud osast valitakse kohase jämedusega osake. Peenem ots murtakse ära ja sulatatakse leegil kinni. Terava viilikandiga tehakse klaastorukesele soovitud murdekohta täke ning murtakse mütsike lahti. Mütsikeste avad peavad olema pisut suurema läbimõõduga kui laagripesad, et mütsikesed pesadesse tugevasti kinnituksid. Et mütsikesed pesadest välja ei langeks, on tarvis neid pesadesse kinnitada tilga kirjalakiga.

Kui nüüd rulliku terasnõela otsad nendesse klaasmütsikestesse asetada, saame laitmatu laagerduse.

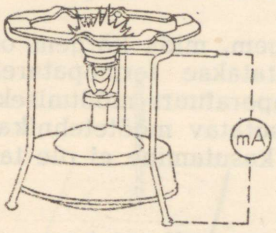
On rullik kohal, viime sellest üle ka traatniidikese *6* ning kinnitame ta hästi osade *7* ja *3* külge. Et skaalat pisut alusest kõrgemale tõsta, kinnitame ta alla puitseibid.

Pärast gradueerimist ongi mõõteriist valmis.

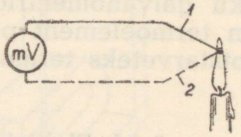
§ 33. Termovool.

Petrooleumigaasi pliit (priimus) vooluallikaks.

Oleme süüdanud petrooleumigaasi pliidi. Vaskne pliidipea lehter (joon. 65) hõõgub. Me seome puhastatud



Joon. 65. Petrooleumigaasi pliit vooluallikana.



Joon. 66. Termoelement: *1* — konstantaantraat, *2* — vasktraat.

pliidijala külge isolatsioonist vabastatud voolujuhtme. Juhtme teise otsa ühendame multiplikaatori[1] või milliampermeetri kontaktiga. Teise voolujuhtme seome raudvarva külge ja ühendame selle multiplikaatori vabaksjäänud kontaktiga. Niipea, kui raudvarva otsaga suruda hõõguvale lehtrile, teeb multiplikaatori osuti järsu ja küllalt suure pöörde. See tähendab, et multiplikaatori mähist läbib elektrivool. Seda voolu nimetatakse termovooluks, sest ta on tekitatud otse soojuse mõjul.

Eespooltoodud kirjeldusest teame, kuidas elektrivool soojust tekitab. Nüüd näeme ka, kuidas soojus otseselt elektrivoolu tekitab.

---

[1] Multiplikaator (galvanoskoop) — lihtne riist, mis näitab voolu olemasolu vooluringis (lähemalt vt. § 46).

Termovool tekib kahe erineva metalli jootekoha (puutekoha) soojendamisel. Tema pinge on väga nõrk (0,001—0,01 V). Kui ühendada lahtised otsad omavahel, saame pideva elektrivoolu. Säärast kokkujoodetud otstega metallidest koosnevat riista nimetatakse *termoelemendiks* (joon. 66). Et saada kõrgemat pinget, selleks ühendatakse järjestikku mitu termoelementi. Säärast seadeldist nimetatakse siis termopatareiks.

Termopinge sõltub kokkujoodetud metallidest ja temperatuuride vahest lahtiste ja kokkujoodetud otste vahel. Õige kõrge termopinge annab metallide paar: vask-konstantaan.

Meie katse juures tekkis termovool vase ja raua kokkupuutekoha kuumutamisel.

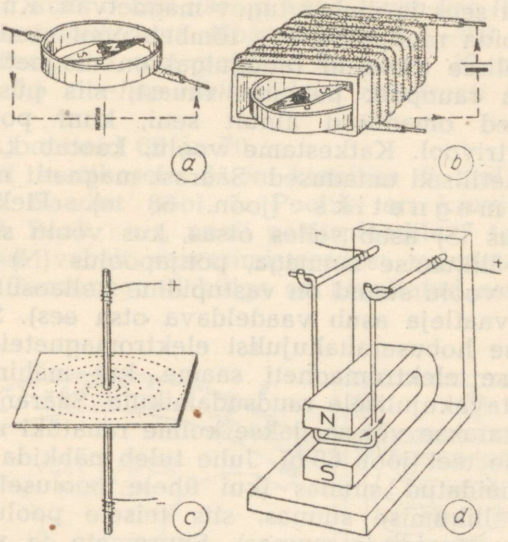
Et termopinge on seda kõrgem, mida kõrgem on jootekoha temperatuur, siis kasutatakse termopatareid koos tundliku galvanomeetriga temperatuuri mõõtmiseks. Üldiselt on termoelement paljukasutatav mõõtetehnikas. Muudeks otstarveteks termovoolu kasutamine ei ole tasuv.

§ 34. Elektrivoolu magnetiline toime.

Võtame tüki traati ja asetame selle magnetnõelaga paralleelselt. Ühendame nüüd traadiotsad vooluallika (patarei, aku) poolustega (joon. 67 *a*). Niipea, kui vool läbib juhet, püüab magnetnõel asetuda voolujuhtmega risti. Katkestame voolu — nõel pöördub jälle endisesse asendisse tagasi.

Võtame peenikest isoleeritud juhet ja mähime seda mõned korrad nii suure pappkarbi ümber, kuhu kompass (magnetnõel) sisse mahub (joon. 67 *b*). Asetame kompassi karpi ja ühendame juhtme sama elemendiga. Näeme, et kompassinõel kaldub rohkem kõrvale. Mähime nüüd õige tublisti juhet karbile ja me näeme, et kõrvalekalle on veelgi suurem. Juhime tugevamat voolu juhtmest läbi ja kalle suureneb veelgi. Katsetest järeldame, et magnetnõel püüab asetuda voolujuhtmega risti, seda enam, mida rohkem keerde kompassinõela ümbritseb ja mida tugevam on juhet läbiv vool. Sellele nähtusele rajaneb elektro-

tehnikas paljude elektrimõõteriistade ja elektrimasinate ehitus. Magnetnõela kõrvalekaldumise põhjus selgub järgmise katsega. Võtame kartongitüki ja raputame sellele peenikest rauapuru. Torkame nüüd kartongist läbi traadi. Ühendame traadi otsad tugeva vooluallikaga ja raputame



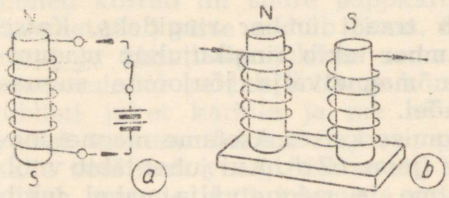
Joon. 67. Elektrivoolu magnetiline toime: *a* ja *b* — magnetnõel püüab asetuda risti voolujuhtmega, *c* — voolujuhtme ümber tekib ringikujuline magnetväli. *d* — voolu all oleva juhtme ja magnetvälja vahel tekib elektromagnetiline jõud.

paberit. Rauapuru asetub traadi ümber ringideks. Katse näitab, et voolujuhtme ümber tekib ringikujuline magnetväli (joon. 67 *c*). Sama magnetvälja jõujoonte suunas püüabki asetuda magnetnõel.

Teiseks korraldame järgmise katse. Asetame magnetpooluste vahele elektrijuhtme (joon. 67 *d*). Kui juhet läbib vool, siis voolu all oleva juhtme ja magnetvälja vahel tekib elektromagnetiline jõud, mille mõjul juhe liigub, olenedes voolu suunast ja pooluste asendist, kas paremale

või vasemale. Selle jõu suurus oleneb magnetväljast ja voolu tugevusest. Selle jõu mõjul töötavad kõik tänapäeva elektrimootorid.

Ühe või mitmekihilise spiraalina ümber toru või karbi mähitud isoleeritud traati nimetatakse *pooliks* ehk *solenoidiks*. Elektrivoolu läbimisel poolimähisest tekib pooli sees ja ümber tugev magnetväli. Kui pooli ava lähedal hoida raudpulka, siis tõmbab pool raudpulga enesesse. Poolisse asetatud raudpulgal on magnetilised omadused. On raudpulk pehmest rauast, siis püsivad tema magnetilised omadused ainult seni, kuni pooli mähist läbib elektrivool. Katkestame voolu, kaotab ka raudpulk oma magnetilised omadused. Säärast magnetit nimetatakse *elektromagnetiks* (joon. 68 *a*). Elektromagneti lõunapoolus (S) asub selles otsas, kus voolu suund ühtib kellaosuti liikumise suunaga, põhjapoolus (N) aga selles otsas, kus voolu suund on vastupidine kellaosuti liikumise suunaga (vaatleja asub vaadeldava otsa ees). Sagedamini kasutatakse hobuserauakujulisi elektromagneteid. Hobuserauakujulise elektromagneti saame, kui mähime isoleertraadi vastavakujulisele raudsüdamikule. Säärane rauatükk kas painutatakse või saadakse kolme rauatüki mehaanilise ühendamise teel (joon. 68 *b*). Juhe tuleb mähkida poolustele joonisel näidatud suunas (kui ühele poolusele mähkida kellaosuti liikumise suunas, siis teisele poolusele tuleb mähkida vastupidises suunas). Suuremate ja võimsamate elektromagnetite saamiseks valmistatakse poolid (poolide valmistamist vt. § 5) ja need asetatakse magneti poolustele jällegi nii, et ühe pooli mähise suund oleks vastupidine teise pooli mähise suunale, s. o. poolid tuleb teineteisega ühendada järjestikku.



Joon. 68. *a* — pulgakujuline elektromagnet, *b* — hobuserauakujuline elektromagnet.

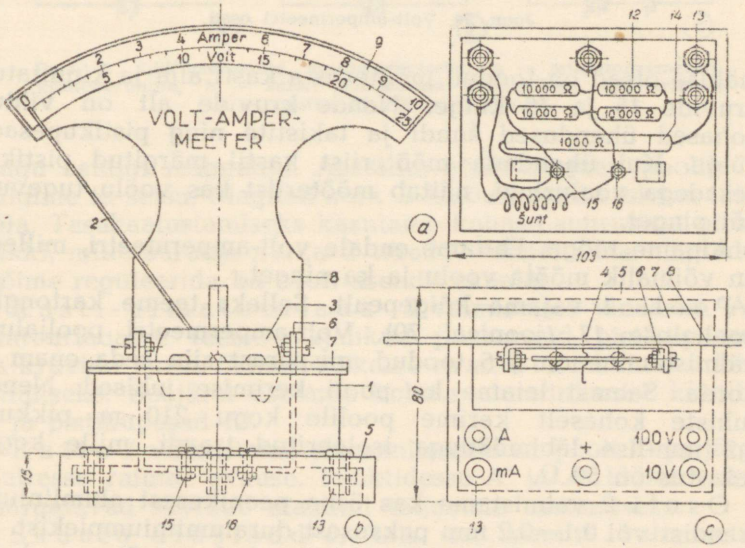
Elektromagnet on põhiosaks suurema osa elektrimasinate ja seadeldiste ehitamisel, nagu alalisvoolu-generaator, telegraafiaparaat, elekterkõlisti jne.

§ 35. Volt-ampermeetri ehitamine.

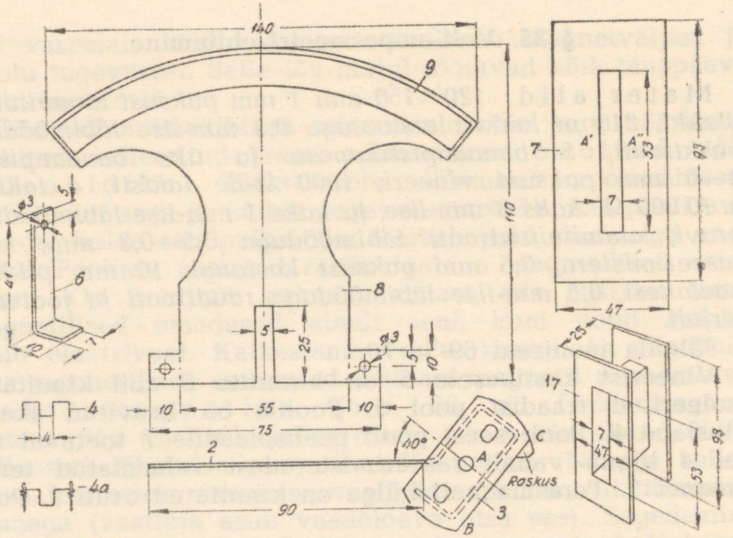
Materjalid: *120×150 mm 1 mm paksust alumiiniumplekki, 210 m lakkisolatsiooniga 0,3 mm-lise läbimõõduga vasktraati, 5 banaanpistikupesa ja üks banaanpistik, 4—6 mm paksust vineeri, 1000 Ω-ne takisti, 4 takistit à 10 000 Ω, kaks 3 mm-lise ja kaks 1 mm-lise läbimõõduga kruvi, alumiiniumtraati läbimõõduga 0,5—0,3 mm, kaks raseerimistera, 0,5 mm paksust kartongi, 10 mm pikkusi naelakesi, 0,5 mm-lise läbimõõduga raudtraati ja jootematerjali.*

Jälgida jooniseid 69 ja 70.

Vineerist kastikesele 5 on kinnitite 6 abil kinnitatud isoleeritud traadist pool *1*. Poolile on kruvitud skaala aluslaud *8*. Pooli sees, pooli pealisplaadile *7* toetuval teljel *4* liigub vabalt raseerimisteradest valmistatud terasmagnet *3*. Terasmagneti külge on kinnitatud osuti *2*. Pooli



Joon. 69. Volt-ampermeeter: *a* — altvaade, *b* — eestvaade, *c* — pealtvaade.



Joon. 70. Volt-ampermeetri osad.

mähise otsad on toodud mõõteriista kasti alla ja kinnitatud kruvide *15* ja *16* külge. Nende kruvide alt on viidud kohased ühendused šundi ja takistite ning pistikupesade külge. Kui ühendada mõõteriist kastil märgitud pistikupesadega vooluringi, näitab mõõteriist kas voolu tugevust või pinget.

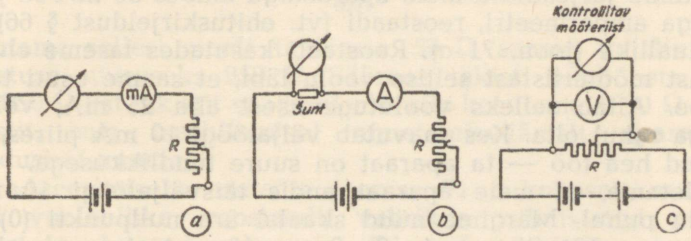
Alqame tööga. Ehitame endale volt-ampermeetri, millega on võimalik mõõta voolu ja ka pinget.

P o o l i *1* vajame kõigepealt. Selleks teeme kartongist poolialuse *17* (joonisel 70). Volt-ampermeetri poolialuse valmistamine on § 5 toodud, mispärast siin seda enam ei korda. Samast leiame ka pooli kerimise juhised. Nende juhiste kohaselt kerime poolile kogu 210 m pikkuse 0,3 mm-lise läbimõõduga isoleeritud traadi, mille kogutakistus on 50 Ω.

O s u t i *2* valmistame kas üsna peenikesest alumiiniumtraadist või 0,1—0,2 mm paksusest duralumiiniumplekist.

T e r a s m a g n e t i *3* valmistamiseks võtame kaks raseerimistera. Terade vahele asetame 40°-lise nurga all

osuti. Pigistame terad koos osutiga kruustangide vahele ja joodame servadest üsna vähese joodisega kinni. Nüüd magneedime magneti kas magnetrauaga või § 8 antud kirjelduse järgi ehitatud magneetimisaparaadiga. Magneti telje *4* valmistame 0,5 mm jämedusest traadist. Telje otsad viilime teravaks ja painutame niisuguseks nagu joonisel 70 näidatud (*4*). Valmistamisel rohkem tööd nõudva, kuid seejuures kergema käiguga telje saame, kui viilitud teravike asemele joodame samal joonisel toodud kujul *a* teljele grammofoninõelad. Valminud telje torkame magnetist kohas *A* läbi ja joodame sama nurga all



Joon. 71. Lülitusskeemid gradueerimiseks: *a* — milliampermeetri gradueerimine, *b* — šundi sobitamine 1-amprilisel mõõteriistal, *c* — voltmeetri gradueerimine.

nagu osutigi magnetile. Asetame nüüd magneti poolile ja jälgime ta seisu. Magneti nurk *B* kaldub osuti raskuse tõttu alla. Tasakaalustamiseks kasutame kohase suurusega plekitükki, mille surume nurka *C* terade vahele. Seda nihutades võime reguleerida ka osuti asendit skaalal.

Kasti-armatuurlaua *5* valmistame vineerist. Armatuurlauasse teeme vajalikud puuraugud pistikupesade ja kruvide jaoks. Samuti lõikame avad kinnitite *6* läbiviimiseks. Seejärel asetame kohale alumiiniumist kinnitid *6* ja pistikupesad *13*.

Katte *7* valmistame alumiiniumplekist pooli kuju järgi. Kattesse raiume avause. Punktidesse *A'* ja *A"* lööme vaevu märgatavad süvikud magneti teljeotste asetamiseks.

Skaala aluslaud *8*, mis on samuti valmistatud alumiiniumplekist ja varustatud joonestuspaberist skaalaalusega *9*, tuleb ka nüüd kohale asetada. Et seda võimalik

teha oleks, asetame enne pooli kohale. Selleks viime kinnitid poolist läbi ja kinnitame juhtmeotsad kruvide alla. Nüüd asetame poolile katte 7 ja ka skaala aluslaua 8. Kruvikestega kinnitame aluslaua tugevasti kinnititele. Kui tõsta nüüd magnet koos osutiga märgitud kohale pooli kaanel, oleks meie aparaat ka põhiliselt valmis.

Proovime nüüd aparaadi tundlikkust. Tundlikkus oleneb kõigepealt poolile kantud mähiskeerdude arvust, teiseks ehitajast: kas on terasmagnet küllalt hea, kas osuti on võimalikult kerge, kas laagerdus on viimase võimaluseni hõõrdumisvaba jne.

Lülime järjestikku meie aparaadiga umbes 50 mA-se jaotusega ampermeetri, reostaadi (vt. ehituskirjeldust § 66) ja vooluallika (joon. 71 *a*). Reostaati kasutades laseme ehitatavast mõõteriistast sellise voolu läbi, et saame osuti täishälbe. Aitab selleks voolutugevusest alla 25 mA, võime tööga rahul olla. Kes saavutab väljalöögi 10 mA piires, on teinud hea töö — ta aparaat on suure tundlikkusega.

Oletame, et meie aparaat andis täisväljalöögi 10 mA voolu puhul. Märgime nüüd skaalal ära nullpunkti (0) ja laseme mõõteriistast 1, 2, 3..., 10 mA-st voolu läbi ning märgime skaalal vastavad jaotused. Seega oleks meil gradueeritud milliampermeeter mõõtepiirkonnas 0—10 mA.

Me tahame aga sama milliampermeetrit kasutada ka kuni 1-amprise voolu mõõtmiseks. Me teame, et ehitatava ampermeetri mähist võib läbida ainult 10 mA, s. o. 0,01-amprine vool. Ülejäänud osa, s. o. 1—0,01=0,99 A peame juhtima mähisest mööda. Selleks valmistame traadist haru, mille kaudu peamise voolu kõrvale juhime. Säärast haru nimetatakse šundiks. Nüüd küsime, kui suurt takistust peab omama šunt, et teda võiks läbida 0,99-amprine vool. Šundi takistus $R_š$ arvutatakse valemist:

$$\frac{I_p}{I_h} = \frac{R_a}{R_š}$$

milles I_p on peavool, I_h haruvool, R_a pooli takistus, $R_š$ šundi takistus. Asendades tähed arvudega, saame:

$$\frac{0{,}99}{0{,}01} = \frac{50}{R_š}, \text{ kust } R_š = \frac{50 \cdot 0{,}01}{0{,}99} = 0{,}5\ \Omega$$

Seega on šundi takistus teada. Šundi traadi pikkuse võib arvutada raamatu lõpus toodud tabeli 2 andmetel. Šundi ühendame joonisel 69 *a* märgitud kruvide alla. Endine jaotus skaalal peaks ka nüüd sobima.

Riista voltmeetrina kasutades, mõõtepiirkonnaga 0—10 V, asetame vahele eeltakisti R_v. Eeltakisti takistuse oomides arvutame valemist

$$R_v = \frac{U}{I}\,\Omega$$

Asendades arvudega:

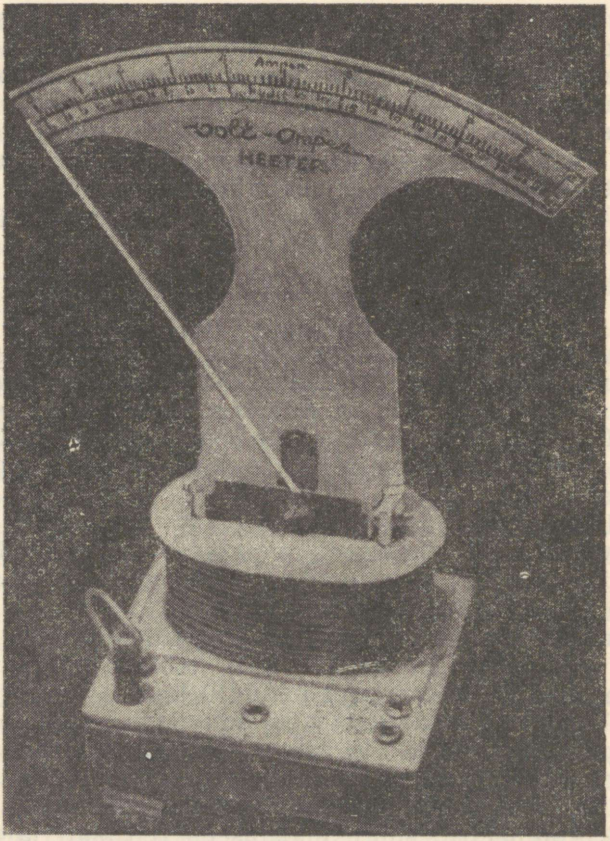
$$R_v = \frac{10}{0{,}01} = 1000\ \Omega$$

Lahutame sellest pooli takistuse 50 Ω, saame vajalikuks takistuse suuruseks 950 Ω. Säärane takisti tuleb osta. Et aga 950 Ω-list takistit saada ei ole, siis kasutame 1000 Ω-list takistit, mis iseehitamisel nimetamisväärselt aparaadi omadusi ei muuda.

Gradueerimiseks asetame joonise 71 *c* kohaselt vooluringi vooluallika, reostaadi, vabrikus valmistatud voltmeetri ja ehitatud voltmeetri. Edasine märkimine skaalal toimub nagu varem ampermeetri puhul.

Et meie aparaat omaks veel mõõtepiirkonda pinge 0—100 V mõõtmiseks, selleks tuleb asetada aparaati jälle kohane eeltakisti, praegusel juhul 10 korda suurem eelnevast. Takisti ühendamist aparaati jälgige jooniselt 69. Mõõtepiirkonna 0—10 V jaotus peaks sobima ka siin. Kuna paljud ehitajad ei oma ärist ostetud gradueerimiseks kõlblikke täpseid mõõteriistu milliampermeetrit, ampermeetrit, voltmeetrit, suure takistusega reostaati ja potentsiomeetrit *R* (joon. 71 *c*), siis tuleb neil mõõduriista gradueerimiseks pöörduda mõne elektrotehnilise töökoja või sõbra poole, kes vastavaid mõõteriistu omavad.

On ühendused kasti all täiesti korras, siis kirjutame kastile õigete pistikupesade juurde tähised mA, A, 0, 100 V, 10 V. Mõõtmisel ühendame juhtme ühe otsa aparaadi 0-ga, teise otsa kohase pistikupesaga. Amprini mõõtmisel kinnitame pistikupesa A külge alalise banaanpistiku. Soovides mõõta voolu kuni 10 milliamprini, peame enne banaanpistiku ühendama mA pistikupesaga.



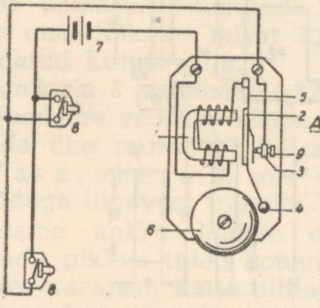
Joon. 72. Volt-ampermeetri foto.

Mõõtmisel võib juhtuda, et mõõteriista osuti näitab vales suunas, siis tuleb juhtmeotsad vahetada. Et säärast äpardust vältida, teeme taskulambipatarei abil kindlaks, millise poolusega tuleb 0-kontakt ühendada ja märgime lauale 0 asemel kas miinuse või plussi. Valminud volt-ampermeeter on kujutatud joonisel 72.

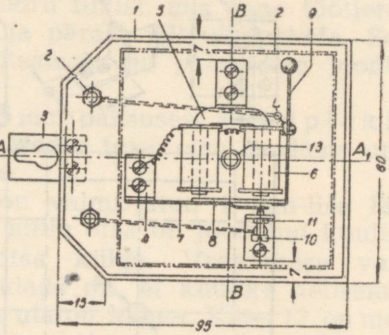
Mõõteriista kasutamiskirjelduse leiate § 22.

§ 36. Elekterkõlistid.

Elekterkõlistid on kõige tavalisemaid signaalseadmeid. Kõlisti peaosad (joon. 73) on elektromagnet *1*, ankur *2* ja katkesti *3*, mis on lülitud järjestikku elektrielemendiga *7* ja kõlisti nupplülitiga *8*. Lülime seadme vooluringi. Vool läbib katkesti *3* kaudu ankru *2*, vedru *5* ja elektromagneti *1*. Magnet tõmbab ankru enese külge. Hetkel aga, kui ankur



Joon. 73. Elekterkõlisti lülitusskeem.



Joon. 74. Elekterkõlisti.

tõmmatakse elektromagneti külge, katkestub ankru ja katkesti kruvi *9* vahel vool ja ankur langeb vedru tõmbel uuesti katkesti külge, lülides uuesti vooluringi voolu. Ankur tõmmatakse jälle elektromagneti külge, vasarake *4* annab uue löögi kuplile *6* jne.

Ankru löökide tihedust saab reguleerida katkesti kruvi *9* lähemale või kaugemale keeramisega.

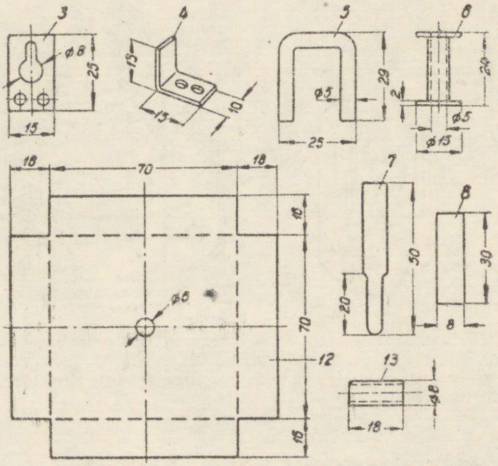
§ 37. Elekterkõlisti ehitamine.

Materjalid: *10 mm paksune lauatükk, 1 mm, 1,5 mm ja 0,5 mm paksust raudplekki, 100 mm pikkune 5 mm-lise läbimõõduga pehmest rauast traat, 20 m vasest isoleeritud traati läbimõõduga 0,3 mm, metalltoru välisläbimõõduga 8 mm, metallkuulike läbimõõduga 4—8 mm, tugevat*

metalltraati läbimõõduga 1 mm, 5—8 mm pikkusi puidukruvisid, üks 25 mm pikkune puidukruvi, kaks kahe mutriga montaažikruvi, kartongi, 50 mm pikkune kellavedru tükike.

Jälgida jooniseid 74 ja 75.

Aluslaua *1* valmistame joonisel 74 toodud mõõdete järgi 10 mm paksusest lauatükist. Aluslauale tõmbame



Joon. 75. Elekterkõlisti osi.

pliiatsiga põhitelgjooned AA_1 ja BB_1, mis on vajalikud kõlisti monteerimisel. Kohe puurime aluslauasse ka augud montaažikruvide *2* kinnitamiseks.

Riputi *3* valmistame 0,5 mm-lisest plekist ja kinnitame aluslaua alla.

Nurkplekid *4*, arvult kolm, valmistame 1 mm paksusest plekist. Varustame nad ka kohaste aukudega, milledest 8—10 mm pikkused puidukruvid läbi mahuksid.

Elektromagneti südamiku *5* painutame 5 mm-lise läbimõõduga pehmest raudtraadist. Teiseks joodame ta ühe nurkpleki külge, 9 mm kõrgusele aluslauast arvates. Pärast jootmist kinnitame nurkpleki puidukruvikes-

tega aluslauale. Selle nurkpleki järgi asetame hiljem monteerimisel kõik ülejäänud kõlisti osad.

Poolide *6* saamiseks valmistame kartongist või õhukesest papist kaks poolialust. Kummalegi alusele kerime § 5 c kirjeldatud viisil 10 m isoleeritud traati läbimõõduga 0,3 mm. Ühe pooli mähise alguse joodame jootmispastaga teise pooli mähise lõpu külge. Poolid asetame poolustele keerdudega teineteisele vastassuunas (joon. 68).

Vedru *7* saame kellavedru tükist, mis enne töötlemist tuleb pehmeks hõõgutada ja pärast jälle karastada. Selle ühe otsa lõikame pisut kitsamaks ja painutame joonisel näidatud kujul välja.

Ankru *8* valmistame 1,5 mm paksusest raudplekist ja joodame vedru *7* külge. Vedru teise otsa joodame omakorda ühe nurkpleki külge.

Vasarakese *9*, mis on valmistatud 1 mm-lise läbimõõduga tugevast traadist, mille otsa on joodetud kuulike, joodame ankru lahtise otsa külge. Vasarakese varre (traadi) pikkus tuleb kohandada nii, et kuulike helisemise juures parajasti katte pihta ulatub lööma. Kate *12* on montaažjoonisel jämeda kriips-punktjoonega märgitud.

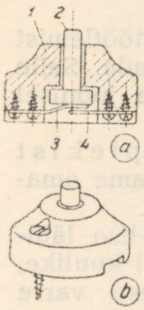
Komplekti ankur—vedru—vasarake sidestamist ja kohaleasetamist jälgida hoolega jooniselt 74. Ankur ei tohiks elektromagneti poolustest üle 1 mm eemal olla.

Katkesti koosneb montaažikruvist *10* ja kolmandast nurkplekist. Montaažikruvi otsa vastu toetub vedru *7*. Keerates kruvi, saab kõlisti haamrilöökide tihedust muuta. Kruvi kinnitamiseks joodame nurkplekisse puuritud ava ette kohase mutri *11*.

Katte *12* valmistame joonisel 75 antud mõõdete järgi 0,5 mm paksusest raudplekist. Katte kinnitame aluslaua tsentrisse: toetades tema torukese *13* otsa, viime torust läbi 25 mm pikkuse puidukruvi ja kruvime katte aluslauale tugevasti kinni.

Seega oleks kõlisti ka monteeritud, kuid tal puuduvad veel vajalikud elektrilised ühendused. Ühenduste tegemisel kasutame umbes 0,5 mm-lise läbimõõduga plastmassisolatsiooniga vasktraati. Ühendusi on väga soovitav teha joonise 74 kahekordse kriipsjoonega märgitud osas aluslaua all. Ühenduste otsad kinnitame montaažikruvide *2*

peade alla. Ühendustraadi katkestiga kinnitame nurkpleki ühe kinnituskruvi külge. Ühendustraadi elektromagnetiga toome august *L* lauale ja joodame jootepastaga pooli lõpu külge. Teise pooli alguse kinnitame nurkpleki *4* kinnituskruvi alla. Seega on kõlisti laual ühendused korras. Kui nüüd kontaktkruvid *2* ühendada vooluallika poolustega, heliseb kõlisti. Helin tekib vasarakese *8* kuuli löökidest katte *12* pihta.



Joon. 76. Nupplüliti: *a* — külgvaate läbilõige, *b* — pealtvaade.

Nupplüliti on voolu lülitamiseks ja ta on iga elekterkõlisti lahutamatuks kaaslaseks. Igaüks võib seda edukalt valmistada joonise 76 järgi. Kuivast puidust kettakesse *1* on puuritud kahesuguse läbimõõduga auk. Augus liigub vabalt jämedapealine survenupp *2*. Ketta alla on kinnitatud elastsest plekist ribake *3* ja kontakt *4*. Plekiribad on ühendatud vooluhoidmega. Vajutades nupule *2* ühendame vooluahela ja kell heliseb.

§ 38. Elekterkõlisti elektriseerimisaparaadina.

Kui asetada ühe käe sõrm heliseva kõlisti katkestile ja teise käe sõrm kontaktkruvile, siis tunnete sõrmedega õrna värinat. Seome aga nimetatud kõlistiosade külge korralikult elektrijuhtmed ja varustame nende otsad pihkuhaaratavate metalsete käepidemetega ning juhime siis elektrivoolu kõlistist läbi: nüüd tunneme kätes tugevat sõrmi krampi kiskuvat värinat. Kui tõsta vooluallika pinge umbes 10 voldini (kaks uut taskulambipatareid järjestikku ühendada) ja säärase vooluga elektriseerida, muutub mõnelegi elektriseerimine talumatuks.

Ehitatud elektriseerimisaparaatidel on sirge isoleeritud traatidest koostatud südamikuga kuni 100 mm pikkune ja 10—20 mm-lise läbimõõduga elektromagnet. Poolil on kaks mähist: jämedast isoleeritud traadist vähesekeeruline primaarmähis ja peenest isoleeritud traadist paljukeeruline sekundaarmähis. Primaarmähise otsad on ühendatud vooluallikaga. Sekundaarmähise otste külge on aga kinnitatud elektriseerimiskontaktid. Voolutugevust

reguleeritakse reostaadiga. Voolu katkestussüsteem on samasugune nagu elekterkõlistigi juures.

Sääraseid aparaate kasutatakse ravi eesmärgil elektromassaažiks.

§ 39. Kättesaamatu metallraha.

Te asetate metallraha, samuti ka ühe elektriseerimisaparaadi pihkuhaaratava kontakti veega täidetud pesukaussi. Nüüd võite tõendada, et see, kes raha palja käega veest välja toob, saab selle endale. Katsealuse ühte kätte annate vabaksjäänud elektriseerimiskontakti. Teise käega peab ta raha veest välja tooma. Niipea, kui katsealune käe vette pistab, tabab teda tugev indutseeritud elektrivool, mis ta sõrmed krampi kisub ja tal ei õnnestu raha kätte saada.

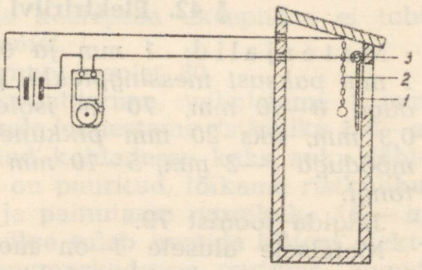
§ 40. Signaalseadmega kirjakast.

Kuigi kirjakandja teeb oma reisi iga päev enam-vähem samal kellaajal, on meil siiski küllalt tülikas kontrollida, kas kirja toodi või mitte, eriti veel siis, kui kirjakast asub korterist eemal.

Kui me aga varustame oma kirjakasti vastava kontaktseadmega ja ühendame seadme elekterkõlisti ja vooluallikaga, signaalib meile kirjakast alati hoolikalt kirjakandja külastamisest.

Vastava signaalseadme valmistamine on lihtne ja seda võib mitmel viisil teha. Kirjeldame siin üht võimalust (joon. 77).

Kirjakast on puidust. Ta peab olema niivõrd sügav ja avar, et tavaline postisaadetis, ka mahukam (ajalehed, ajakirjad, üksik raamat) kasti avast vabalt sisse mahuks ja sisse langeks — saadetis ei tohi



Joon. 77. Signaalseadmega kirjakast.

ava vahele peatuma jääda. Ava kaas *1* on metallist. Et kaane külg moodustab signaalseadme ühe kontakti, siis peab ta olema oksüdeerimata ja värvimata. Teise kontakti moodustab metallketi otsa riputatud metallkuulike *2*. Üks elektrijuhtme ots on kinnitatud ketikese, teine ots aga kaane hinge *3* külge. Kontaktiga on järjestikku ühendatud vooluallikas ja elekterkõlisti. Niipea, kui postisaadetis lükatakse avast kasti, puudutab ava kaas kuulikest ja ühendab seega vooluringi ning kõlisti signaalib posti saabumist. Pendeldava kuulikese eeliseks, võrreldes näiteks vedrukontaktiga, on asjaolu, et ta saadud tõukest edasi-tagasi pendeldades puudutab pärast posti kasti langemist veel mõned korrad teist kontakti (ava kaant) ning kordab seega signaali.

§ 41. Elektrisulgurid.

Elektrisulgurite üheks osaks on elektromagnet. Primitiivseimal elektririivil (joon. 78) on hobuserauakujuline elektromagnet *1* ja ankur *2*, mille külge on kinnitatud riivi keel *3*. Riivi keel läheb ukses olevasse keelepessa vedru *4* survel ja ukse avamisel tõmmatakse keelepesast välja elektromagneti jõul. Säärane seadeldis täidab oma ülesannet siis, kui uks täpselt sulgub. Jääb aga ukse ja piida vahele pilu, osutub ta kasutuks, sest riivikeele käik on lühike. Ülekandega lihtsamad riivid on pikema keelekäiguga, kuid nende puuduseks on ülekandel tekkivad hõõrdumistakistused.

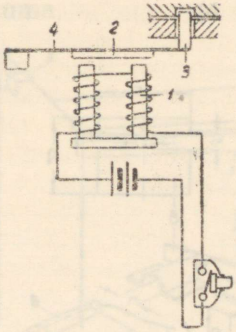
§ 42. Elektririivi valmistamine.

Materjalid: *1 mm ja 0,5 mm paksust raudplekki, 1 mm paksust messingplekki, pehmet ümarrauda läbimõõduga 8—10 mm, 70 m isoleeritud traati läbimõõduga 0,3 mm, üks 20 mm pikkune kahe mutriga kruvi läbimõõduga 1—2 mm, 5—10 mm pikkusi puidukruvisid, kartongi.*

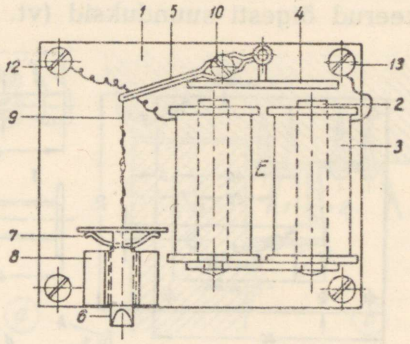
Jälgida joonist 79.

Metalsele alusele *1* on monteeritud elektromagnet *E*. Magneti ees asub ankur *4*. Et saavutada riivi keele *6* pikemat käiku, on monteeritud ankru külge kangi põhimõttel

ehitatud ülekandeseadis. Kangiks *5* on messingist plekiriba ja kangi teljeks montaažikruvi *10*. Telje asukoha määrame kindlaks alles monteerimisel. Vooluta olukorras peab ankur asuma 3 mm poolustest eemal ja toetuma ühe otsaga vastu kangi. Riivi keel peab siis kindlalt asuma uksepiidas olevas keelepesas. Keele surub pessa lehtvedru



Joon. 78. Elektririivi skeem.



Joon. 79. Elektririiv.

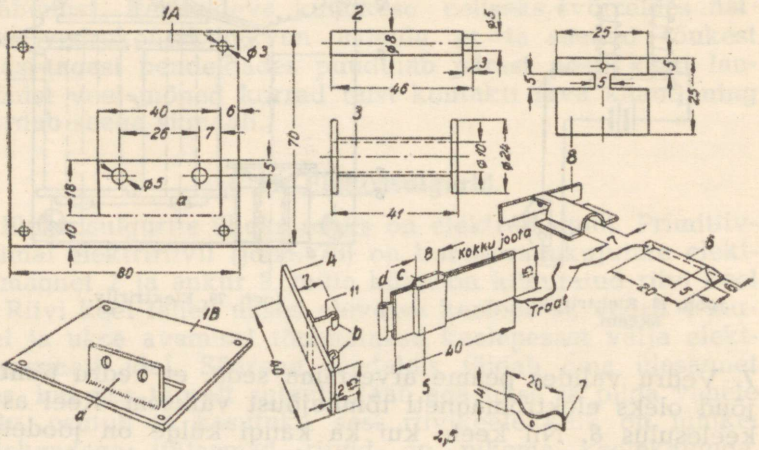
7. Vedru valides peame arvestama seda, et vedru tõmbejõud oleks elektromagneti tõmbejõust väiksem. Keel asub keelesulus *8*. Nii keele kui ka kangi külge on joodetud peenike traadike *9*. Lahtised traadiotsad seotakse teineteisega silmusena. Osade, eriti liikuvate laagriosade valmistamine olgu eeskujulik, et vähendada hõõrdumisvõimalusi. Õlitamine on tingimata vajalik. Et riiv korralikult töötaks, peab uks hästi sulguma ja keelepesa uksepiidas ei tohi takistada keele väljatõmbamist.

Osade valmistamisel jälgime joonist 80.

A l u s e *1*, millele riivi monteerime, valmistame 1 mm paksusest raudplekist. Alusele joonestame ristküliku *1 A—a* ja puurime sellesse märgitud kohtadesse kaks auku läbimõõduga 5 mm. Kui augud on puuritud, lõikame ristküliku kolme serva mööda välja ja painutame nurgikuks *1B — a*; selle väljapainutatud osa külge tuleb neetida hiljem elektromagneti poolused. Aluse nurkadesse puurime augud läbimõõduga 3 mm riivi uksele kinnitamiseks.

Elektromagneti poolused *2* valmistame 8—10 mm-lise läbimõõduga pehmest ümarrauast. Lahtised otsad viilime hoolikalt tasapinnaliseks. Osasse *a* needitavad otsad viilime järsult 3 mm pikkuses läbimõõduni 5 mm.

Poolid *3*, kaks tükki, valmistame kartongist poolialustele. Kummalegi poolile kerime 35 m isoleeritud juhet. Poolide poolustele asetamisel jälgida, et nende mähiste keerud õigesti suunduksid (vt. joon. 68 *b*).



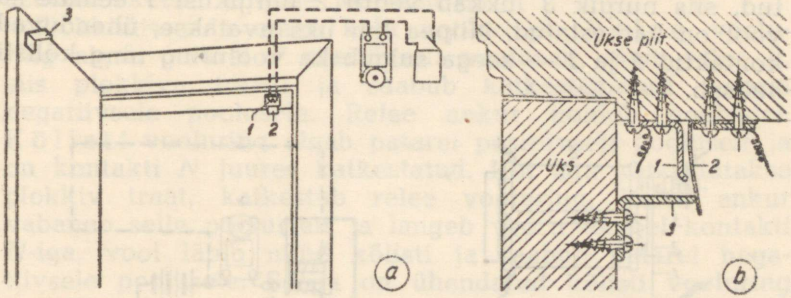
Joon. 80. Elektririivi osad.

Ankru *4* valmistame 2 mm-lisest raudplekist. Ankru külge joodame plekitüki *11*. Plekitükil on väljalõiked, milledest painutame 1 mm-lise läbimõõduga traadi ümber kaks aasa *b*.

Kangi *5* valmistame 0,5 mm paksusest messingplekist. Selleks lõikame plekist nii pika 15 mm laiuse riba, et pärast seda, kui oleme valmistanud aasa *d* ja kohased painutused aasa *c* jaoks, plekki kokku murdes saame 40 mm pikkuse kangi. Kokkumurtud plekiribad ühendame teineteisega jootmise teel. Aas *d* peab sobima aasade *b* vahele. Aasast *c* viiakse aga läbi montaažikruvi. Kangi teise otsa joodame 50 mm pikkuse peenikese traadikese.

Keele *6* valmistame ümarrauast läbimõõduga 6—8 mm, viilides rauatüki pikisuunas peaaegu pooleni tasapindseks. Ühe otsa viilime uksekeeletaoliseks, teise otsa joodame 50 mm pikkuse peene traadikese.

Keelesulu *8* valmistame 0,5 mm paksusest plekist ja painutame ta vastavalt keele ristlõikele. Keelesulu joodame alusele. Keel peab sulgu asetatuna selles hästi liikuma.



Joon. 81. Signaalseade uksel: *a* — uks on avatud — kell heliseb, *b* — uks on suletud.

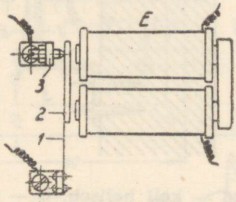
Monteerimisest jääks veel vaid niipalju öelda, et ankru aasad *b* ühendame kangi aasaga *d* naelakesest tihvti abil. Naelakese asetame kohale peaga allapoole. Nüüd leiame sobiva koha ka kangi teljele. Puurime alusesse augu ja kinnitame telje (montaažikruvi) abil kangi kohale. Telje liikumisruum aasas *c* ei tohi olla suurem, kui on vajalik kangi käiguks. Asetanud keele sulgu ja vedru kohale, seome traadiotsad silmusena nii, et ankur asetseks varemkirjeldatud asendis. Poolide mähise otsad kinnitame kruvide *12* ja *13* (joon. 79) alla. Üks mähise ots peab olema alusest isoleeritud. Vooluallikaga sidestamist jälgige jooniselt 78.

§ 43. Häirekell.

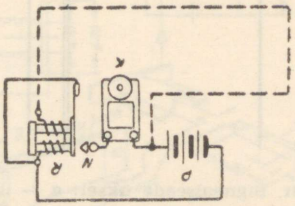
Häirekella sisseseadmine osutub mõnigi kord vajalikuks. Meie saame senini tundmaõpitud vahenditega korraldada seda kahel viisil: a) elektrikontakti asetamisega uksele, b) ruumi plokkimisega kergesti katkeva voolujuhtmega.

a) Kontakti võib uksele asetada mitmel teel. Kuna siin mingisuguste osade ja nende valmistamise kohta pole mõtet seletusi anda, siis toome esmajoones ainult mõned joonised, millede järgi igaüks ise võib kombineerida häirekella-seadme (joon. 81).

Üles, uksepiidale on kinnitatud nurgik *1* ja lehtvedru *2*. Viimased on ühendatud järjestikku vooluallikaga ja elektrikõlistiga. Uksele on kinnitatud nurgik *3*. On uks suletud, siis nurgik *3* lükkab vedru *2* nurgikust *1* eemale ja vool on katkestatud. Niipea kui uks avatakse, ühenduvad kontaktid *2* ja *1* — seega sulgub ka vooluring ning kõlisti heliseb.



Joon. 82. Relee.



Joon. 83. Ruumi plokkimine kergesti katkeva vooluJuhtmega.

b) Ruumi plokkimisel elektrijuhtmega kasutame lisaseadmena ankruga varustatud elektromagnetit ehk releed. Releena võiks kasutada ka elekterkõlisti elektromagnetit. Kuid et vool läbib releed kogu aeg, mil ruumi plokitakse, siis kõlisti ei ole selleks hästi sobiv, kuna ta mähis, omades väikest takistust, laseb palju voolu läbi ja läheb kuumaks. Et kõlistit saaks siiski kasutada, tuleks tema poolidele mähkida uus peenemast traadist mähis. Ühtlasi peaks ka ankruvedru vahetatama nõrgema vastu. Mõnikord aitab ka sellest, kui ankur hästi pooluste lähedale kruvida. Kõlisti poolustel asuvate poolide mähise otsad tuleb kinnitada otse montaažikruvide alla.

Lihtne relee, mida sageli saab kasutada, koosneb hobuserauakujulisest elektromagnetist *E* (joon. 82), selle ees kohase tugevusega vedru *1* külge needitud (joodetud)

raudplekist ankrust *2* ja kontaktist *3*. Elektromagneti võiks valmistada ca 8 mm-lise läbimõõduga 25 mm pikkustest ümarrauast varbadest, mis on ühendatud hobuserauakujuliseks magnetiks 1—2 mm paksuse raudpleki külge neetimise teel ja neile varbadele kui magnetpoolustele asetatud mähispoolidest. Poolid võiks kerida 0,15 mm-lise läbimõõduga ja 75 m pikkusest lakkisolatsiooniga vasktraadist. Säärase relee voolutarvidus on õige väike. Häireseadme skeemi jälgime jooniselt 83.

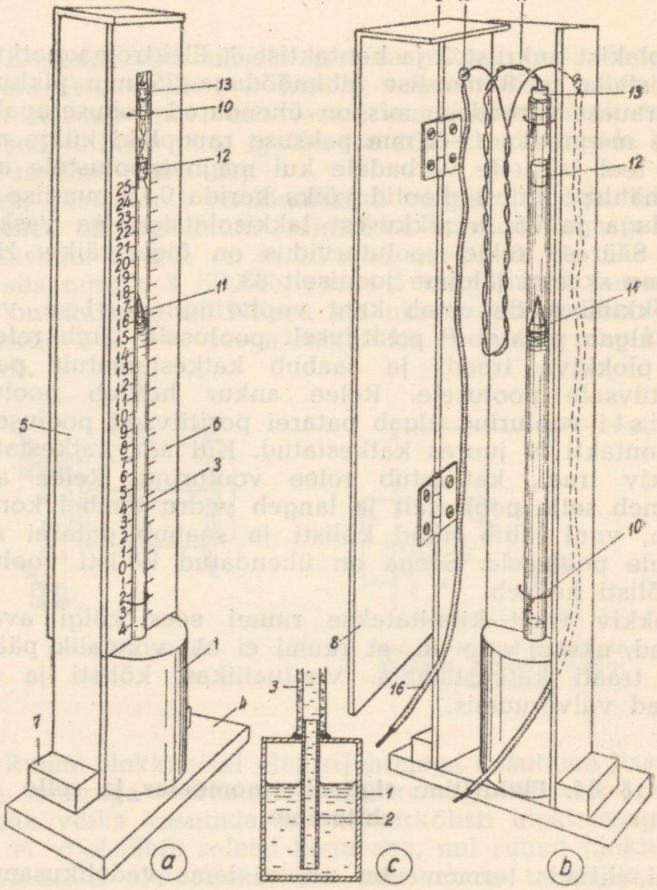
Plokkimisseade omab kaht vooluringi. Relee vooluring algab patarei *P* positiivselt pooluselt, läbib relee *R*, siis plokkiva traadi ja saabub katkestamatult patarei negatiivsele poolusele. Relee ankur hoidub poolustel. Kõlisti vooluring algab patarei positiivselt pooluselt ja on kontakti *N* juures katkestatud. Kui aga katkestatakse plokkiv traat, katkestub relee vooluring. Relee ankur vabaneb selle poolustelt ja langeb vedru tõmbel kontakti *N*-iga, vool läbib nüüd kõlisti ja saabub patarei negatiivsele poolusele. Seega on ühendatud kõlisti vooluring ja kõlisti heliseb.

Plokkiv traat kinnitatakse ruumi sees kõigi avauste (aknad, uksed) ette nii, et ruumi ei ole võimalik pääseda ilma traati katkestamata. Vooluallikas, kõlisti ja relee asuvad valveruumis.

§ 44. Elektriline signaaltermomeeter ja selle ehitamine.

Kui ehitada termomeeter nii, et tema vedelikusammast saab kasutada elektrijuhtmena, siis on võimalik säärase termomeetri abil soovikohaseid temperatuure signaalida. Neid termomeetreid võidakse edukalt kasutada: 1) aiamajandeis öökülmade, 2) viljakuivatites ülekuumendustemperatuuride, 3) tulekaitseseadmeis ja paljudes teistes seadmeis häiresignaalide andmiseks.

Materjalid: *50—100 cm³-lise mahuga metallnõu (mitte alumiiniumist), 0,5 m pikkune klaastoru läbimõõduga 5—10 mm, 4 mm paksust vineeri, metalltoru läbimõõduga 5—10 mm, tinapaberit, isoleeritud traati, naela-*



Joon. 84. Signaaltermomeeter.

kesi, kaks paari väikesi hingi; seadmed: elekterkõlisti, relee, vooluallikas.

Arusaamatuste vältimiseks tähendame, et meie poolt ehitatava termomeetri vedelikusammas ei ole elektrijuhtmeks, vaid ta aitab soovitud kohas kontakti luua, mille tõttu signaalseade hakkab reageerima. Seade on lihtne ja jooniselt 84 täiesti arusaadav.

Algame tööga.

Termomeetri valmistame võimalikult kitsast umbes 50 cm^3-lise mahuga metallnõust *1*. Nõule joodame peale auguga varustatud kaane. Kaane august viime läbi ja joodame kaanele nii jämeda metalltoru *2*, mis mahuks meie poolt valitud termomeetri klaastorusse *3* või millesse mahuks valitud klaastoru. Toru on nõu kõrgusest 10 mm võrra pikem. Toru üks ots ulatub nõu põhja. Klaastoru lühendame 300—400 mm pikkuseks ja kitime täiesti õhukindlalt metalltoru otsa. Kitiks võib kasutada sulatatud maarjast. Õhukindlust proovime sel teel, et pistame metallnõu vette koos kititud osaga ja puhume klaastoru otsast õhku sisse. Peaks ilmuma veepinnale kusagilt õhumullikesi, tuleb seda kohta täiendavalt kas kittida või joota.

Et meie termomeeter peab olema alati püstasendis, siis valmistame talle vineerist toe lauale või seinale kinnitamiseks.

Aluse kuju ja mõõted olenevad termomeetri toru mõõdetest. Oletame, et meil on joonisel 84 toodud kujuline termomeetritoru ja me tahame talle valmistada tuge lauale kinnitamiseks.

Aluslaua *4* valmistame 10 mm paksusest vineerist, külgtükid *5* ja esitükі *6* 4 mm paksusest vineerist. Esitükisse teeme väljalõike. Tükid ühendame väikeste naelakeste või puidukruvikestega ja kinnitame liistukeste *7* abil aluslauale.

Selgtüki *8* koos pealistükiga *9* liidame naelakestega ja kinnitame väikeste plekkhingedega ühele külgtükile.

Termomeetri alumine osa, nagu näeme, on lahtine. Seetõttu on termomeeter alati ühenduses välisõhuga, mille temperatuuri ta mõõdab.

Et termomeetri toru hästi seisaks, võib teda esitükist läbiviidavate silmustega *10* kinnitada.

Nüüd kallame termomeetri torusse ettevaatlikult, et välisosi ära ei määriks, mingit raskeltauruvat ja võimalikult värvilist vedelikku (petrooleumi) kuni $^3/_5$ toru kõrguseni. Petrooleumi võib värvida alkanna juurtega *(radix alcannae)*.

Ujuki *11* valmistame kergest puidust, umbes 20 mm

pikkuse. Ujuki ülemise otsa katame elektrijuhtivuse saavutamiseks tinapaberiga. Valminud ujuki laseme termomeetritorusse. Seega on termomeeter ka valmis ja meie võime mõne elavhõbetermomeetriga võrdlemise teel ta esitükile kinnitatud kartongil pügalad ära märkida.

Meie termomeeter on nn. õhutermomeeter, sest et tema metallnõusse jäänud õhu paisumisest või kokkutõmbumisest oleneb klaastorus vedelikusamba tõus või langus. Ta on ühtlasi ka baromeetriks, s. t. õhurõhu mõõtjaks, sest et temale avatud toruotsa kaudu ka õhurõhumine mõju avaldab. Seetõttu ei pruugi meie termomeeter näidata alati täpselt samu kraade kui elavhõbetermomeeter.

Elektrilised ühendused korraldame järgmiselt.

Kõigepealt vajame kahte ca 0,40 m pikkust 0,5—0,7 mm-lise läbimõõduga isoleertraati (mitte lakkisolatsiooniga) ja kahte isoleermaterjalist korgikest. Üks korgike *12* olgu nii suur, et ta saab termomeetri torus vabalt liikuda, teist *13* kasutame toru otsa sulgemiseks. Esimesse kinnitame eespoolmainitud isoleeritud traadi isolatsioonist vabastatud otsad *14*. Ülejäänud osa traadist keerutame kokku ja viime sulgurkorgist läbi ning kinnitame külgtükkidel asuvate kruvikeste *15* alla. Samade kruvikeste alla toome ka elektrijuhtmed *16* elektripatareist ja signaalseadmest. Soovitud temperatuuride signaalimist reguleerime sellega, et traadi *17* abil viime kontaktkorgikest *12* alla või üles.

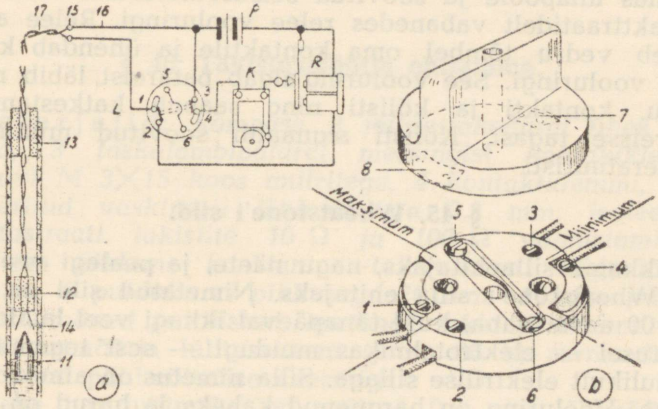
Signaalseadet jälgime joonisel 85 *a* toodud skeemi järgi.

Signaalseade on termomeetrist lahus ja teda võib ükskõik kuhu paigutada. Tarvilik oleks üksikosad pöördlüliti *L*, vooluallikas *P*, elekterkõlisti *K* ja relee *R* paigutada kompaktselt lauakesele või kastikesse.

Pöördlülitina võib kasutada mõnda sobivat seerialülitit; joonisel 85 *b* toodud põhimõtteil võib säärase ka ise valmistada kahest puitkettakesest. Alumisele, seisvale kettale on kinnitatud 4 montaažikruvi *1, 2, 3* ja *4*, millede alla kinnitame joonise 85 *a* kohaselt juhtmeotsad. Miinimumtemperatuuride signaalimiseks peab saama korraga ühendada juhtmeotsi *1*—*2* ja *3*—*4*. See on võimalik sel teel, et pealmine, pööratav ketas omab metallosi *7* ja *8*. Alumine ketas omab veel alalist kontakti *5*—*6*. Kui pealmist ketast pöörata nii, et selle metallosad *7* ja *8* ühenda-

vad alumisel kettal paare *1*—*5* ja *4*—*6*, siis on ühendatud juhtmeotsad *1* ja *4*, milline ühendus on vajalik maksimumtemperatuuride signaalimiseks. Lülitile tuleb märkida tähised *Maksimum* ja *Miinimum*, et oleks alati teada, kuidas pöörata pealmist ketast.

K õ l i s t i n a *K* võib kasutada ükskõik millist elekterkõlistit.



Joon. 85. *a* — signaaltermomeetri lülitusskeem, *b* — pöördlüliti.

R e l e e n a *R* võib kasutada teist säärast elekterkõlistit. Selleks tuleb teha aga kõlisti juures vajalik ümberehitus (vt. § 43 *b*). Jälgime hoolikalt skeemi (joon. 85 *a*).

Kui tahame signaalida m a k s i m u m t e m p e r a t u u r i saabumisest, siis viime kõigepealt termomeetri kontakttraadi otsad *14* vastava pügala kohale. Edasi ühendame pöördlüliti *L* abil vastava vooluringi, keerates lülitil oleva noole tähise *Maksimum* suunas. Seega ühendame juhtmeotsad *1* ja *4*. Elektrivool, tulles patarei *P* poolusest, läbib relee *R* ankru, mis vedru tõmbel hoidub oma kontaktil, siis katkestaja, kõlisti *K* ja pöördlüliti *L*, ning jõuab termomeetris olevate kontakttraadi otsteni *14*. Siin on katkestus. Temperatuuri tõustes paisub aga õhk termomeetrinõus ja vedelikusammas kannab ujuki kontakttraatide vahele. Seega ühendub vooluring ja k õ l i s t i h e l i s e b.

Kui tahame aga signaalida miinimumtemperatuuri saabumisest, siis keerame lüliti tähise *Miinimum* suunas. Kontakttraadi otsad viime jälle vastava pügala kohale. Nüüd läbib vool relee *R*, lüliti *L*, termomeetris olevad ujukiga ühendatud kontaktid, ning saabub katkestamatult vooluallikasse. Relee ankur hoidub seetõttu magneti küljes. Langeb aga temperatuur, langeb ka vedelikusammas allapoole ja soovitud seisust alates katkestab ujuk kontakttraatidelt vabanedes relee vooluringi. Relee ankur langeb vedru tõmbel oma kontaktile ja ühendab kõlisti teise vooluringi. See vooluring algab patareist, läbib releeankru, kontakti ja kõlisti ning saabub katkestamatult patareisse tagasi. Kõlisti signaalib soovitud miinimumtemperatuurist.

§ 45. Wheatstone'i sild.

Hakkame sillaehitajaks, nagu näete, ja pealegi veel erilise Wheatstone'i silla ehitajaks. Nimetatud sild on juba üle 100 aasta vana, kuid tänapäeval ikkagi veel laialdaselt kasutusel — elektrotehnikas muidugi — sest tegemist on loomulikult elektrilise sillaga. Silla nimetus on ainult võrdluseks. Vooluring on hargnenud kaheks ja harud on omavahel teatud kohas ühendatud galvanoskoobi abil nagu sillaga (joon. 86 *a*). Kui harujuhtmeid läbib elektrivool, siis silla otspunktide *A* ja *B* vahel on tõenäoliselt olemas potentsiaalide vahe, sest et harujuhtmete takistus ei ole võrdne. See asjaolu põhjustabki voolu galvanoskoobis. Me võime võrrelda harujuhtmeid kahe jõeharuga. Kui ühendame need kraaviga, siis osutub tõenäoliselt veepind ühes harus kõrgemaks kui teises ja vesi hakkab kraavis voolama. Kui veepind kraavi otstel oleks osutunud ühekõrguseks, poleks kraavis mingit veevoolu. Samuti on ka elektriga: kui viime liugkontakti edasi niisugusesse kohta, kus potentsiaalid osutuvad võrdseks, siis voolu ei teki. Galvanoskoobi osuti seisab nullpunktis. On välja arvutatud, et sel momendil on vooluringi harude osatakistused r_1, r_2, r_3 ja r_4 järgmises omavahelises seoses:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4}$$

See seos võimaldab kasutada Wheatstone'i silda elektrijuhtmete ja -aparaatide takistuse mõõtmiseks.

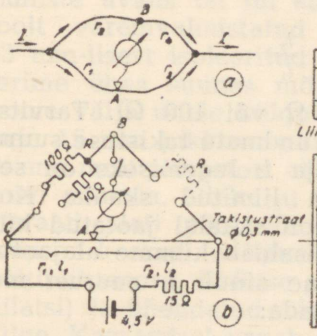
Takistuste mõõtmine Wheatstone'i sillaga on elektrotehnikas laialt levinud, sest mõõtmiseks võib siin kasutada lihtsat mõõteriista, mõõtmisel saavutatakse väga suur täpsus ja mõõtmine ei olene vooluallika pingest. Ka meile osutub takistusmõõtja vajalikuks oma elektriaparaatide mähiste ja traatide takistuse kindlaksmääramisel.

§ 46. Takistusmõõtja ehitamine.

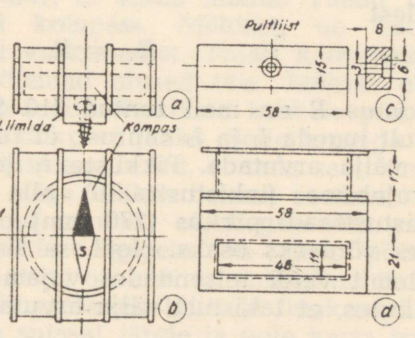
Materjalid: *kompass, 2 jalgrattakodarat ühes mutritega, 3 taskulambipatarei messingist kontaktklemmi, 8 kruvi M 3×15 koos mutritega, 4 kontaktklemmi, 70 g isoleeritud vasktraati läbimõõduga 0,3 mm, isoleeritud takistustraati takistite 10 Ω ja 100 Ω valmistamiseks, 300 mm pikkune konstantaan-takistustraat läbimõõduga 0,3 mm, 6 puidukruvi pikkusega 20 mm, 10 mm paksust vineeri, mõned puitliistud, kartongi, lakki ja skeemitraati.*

Takistusmõõtja lülitusskeem (joon. 86 *b*) sarnaneb varemtoodud põhimõttelise skeemiga.

Üheks harujuhtmeks on valitud 0,3 mm läbimõõduga konstantaan-takistustraat *CD*, selle puudumisel võime



Joon. 86. Wheatstone'i sild: *a* — silla skeem, *b* — silla lülitusskeem.



Joon. 87. Galvanoskoop: *a* — külgvaade, *b* — pealtvaade, *c* — puitliistu otsvaate lõige, *d* — poolialus.

kasutada ka mõnda teist takistustraati (nikeliin-, kroomnikkel- jne.). Traadil libiseb liugkontakt A, mille asukohta ja seega ka traadi osapikkusi l_1 ja l_2 võime vabalt muuta. Silla parempoolse osa moodustab tundmatu mõõdetav takistus R_x, vasakpoolse osa kaks ümberlülitavat tuntud täpset takistit R, suurusega 10 Ω ja 100 Ω. 10-oomise takisti R puhul on meil võimalik mõõta takistust R_x suurusega 1 Ω kuni 100 Ω ja 100-oomise takisti R puhul suurusega 10 Ω kuni 1000 Ω. Meie mõõteriistal on niisiis kaks mõõtepiirkonda. Vooluallikas (taskulambipatarei) on ühendatud otste C ja D vahele. Teise haru (takistustraadi) väikese takistuse tõttu tekib vooluringis väga tugev vool, mis patarei üle koormaks. Järjestikku ühendatud 15-oomise takisti tõttu (vt. skeem) ei tõuse aga vool üle lubatud piiri. Galvanomeetri vooluringis oleva lüliti K ülesanne selgub hiljem — mõõtmisel. Kui reguleerida kontakti A abil galvanomeetri osuti nullile, siis varemnimetatud suhte kohaselt peaks

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{R}{R_x}$$

Et takistused r_1 ja r_2 suhtuvad teineteisega nagu nende pikkused l_1 ja l_2, siis võime kirjutada:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{R}{R_x}$$

millest

$$R_x = R \cdot \frac{l_2}{l_1}$$

Takistus R on meil tuntud (10 Ω või 100 Ω). Tarvitseb ainult lugeda l_1 ja l_2 suurusi, et tundmatu takistuse suurust R_x välja arvutada. Pikkuste l_1 ja l_2 lugemiseks on selle harujuhtme (takistustraadi) alla liimitud skaala. Kogu takistustraadi pikkus (270 mm) on skaalal jaotatud kümneks võrdseks osaks. Iga osa sisaldab kümme alajaotust. Valemit veidi teisendades vajame ainult l_1 suurust meie ühikutes, et takistust välja arvutada:

$$R_x = R\left(\frac{10}{l_1} - 1\right)$$

Kuna arvutamine iga mõõtmise järel on tülikas, võime oma

skaala gradueerida otsekohe oomides. Arvutame eeltoodud valemi abil takistustele 1, 2, 3 jne. Ω vastavad pikkused l_1, nende pikkuste kohale märgime skaalale juba oomide arvu. Näiteks: takistusele 1 Ω vastab pikkus

$$l_1 = \frac{10 \times R}{R_x + R} = \frac{10 \times 10}{11} = 9{,}09$$ ühikut ja takistusele 2 Ω vastab pikkus

$$l_1 = \frac{10 \times 10}{12} = 8{,}33$$ ühikut jne.

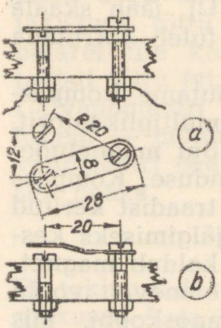
Need pikkused maksavad esimese mõõtepiirkonna kohta (kui R=10 Ω). Teises piirkonnas (R=100 Ω) jääb skaala samaks, kuid skaalalt loetud oomide arvu tuleb korrutada kümnega.

Galvanoskoop. Voolunäitajana kasutame kompassist valmistatud lihtsat galvanoskoopi, nn. multiplikaatorit. Juba eespool on selgitatud elektrivoolu mõju magnetnõelale. Siin leiab see nähtus praktilise rakenduse. Kompass on asetatud nimelt peenikesest isoleeritud traadist keritud lapiku pooli sisse. Poolil on magnetnõela jälgimiseks keskele jäetud avaus. Kui mähist läbib vool, kaldub magnetnõel kõrvale, kas paremale või vasakule, olenevalt voolu suunast. Nii saame õige tundliku galvanoskoobi, mis reageerib väga nõrkadele vooludele (0,001 amprit). Kaks poolialust (joon. 87) on liimitud servapidi puitliistu külge. Mähiste avaus on nii suur, et sinna mahub vabalt meie poolt varemvalmistatud kompass. Mähised on keritud 0,3 mm-lisest isoleeritud vasktraadist. Traati katkestamata kerime ühes suunas mõlemad alused täis. Mähise otsad toome välja ühele külgplaadile. Puitliistu keskele puurime augu 15 mm pikkuse puidukruvi jaoks. Selle kruviga kinnitame multiplikaatori alusplaadile nii, et teda saab ümber kruvi pöörata. Oleks ju väga tülikas hakata seadma kogu aparaati alati põhja-lõuna suunas, et magnetnõel asuks avause keskel nullpunktis. Kergem on juba pöörata multiplikaatorit. Mähise otsad on keritud spiraalina (ümber pliiatsi) ja ühendatud siis vastavalt lüliti ja liugkontaktide külge. Keeramisel annab spiraal järele ja pole karta traadi katkemist.

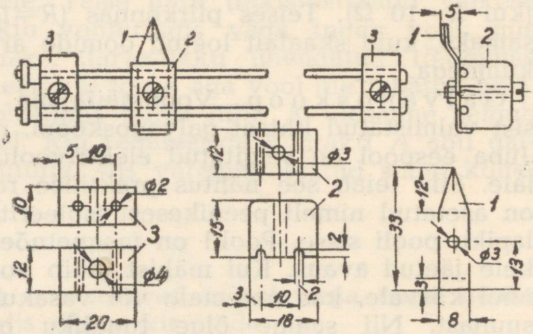
Magnetnõela nulljooneks valime kompassi skaalal mõne pea-maailmakaare (N või S).

Ümberlüliti (joon. 88 *a*). Takistite 10 Ω ja 100 Ω ümberlülimiseks valmistame lihtsa lüliti kolmest kruvikesest. Kaks neist on ümberlüliti kontaktideks, kolmanda alla on ühendatud vetruv plaadike (messingist). Seda plaadikest ühelt kontaktilt teisele lükates teostamegi ümberlülimise.

Lüliti (joon. 88 *b*). Lüliti on ühendatud galvanomeetri vooluringi. Ta koosneb kahest alusplaadile kinnitatud kruvist läbimõõduga 3 mm, millest ühe alla on asetatud



Joon. 88. *a* — ümberlüliti, *b* — lüliti.



Joon. 89. Takistusmõõtja liikuv kontaktseadis.

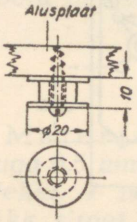
vetruv plaadike (messingist). Harilikus seisus on vetruv plaadike kontaktkruvi peast veidi kõrgemal. Plaadikest näpuga alla vajutades ühendame aga vooluringi.

Liikuv kontaktseadis (joon. 89). Liikuva kontaktvedru *1* valmistame vanast taskulambipatarei kontaktklemmist ja painutame ta joonise järgi. Kontaktvedru lööme pehmel alusel meisliga terava otsa kohalt veidi viilkatuse-kujuliseks, nii et takistustraadil libiseks ainult kontakti keskkoht. Kontaktvedru kinnitame 3 mm-lise läbimõõduga kruviga puidust käepideme *2* külge. Kaks soont käepidemes on juhtvarraste jaoks. Viimaseiks on kasutatud harilikke jalgrattakodaraid, mis on otstest kruvitud puitklotsikeste *3* külge. Puitklotsikesed omakorda on kinnitatud alusele kahe 20 mm pikkuse puidukruviga.

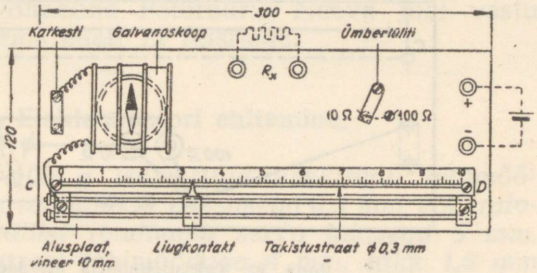
Täppistakistid. Takistid 10 Ω ja 100 Ω peavad olema võimalikult täpsed, sest nende täpsusest oleneb kogu mõõtmise täpsus. Takistid kerime isoleeritud takistustraadist lihtsatele poolialustele (joon. 90). Niidirulli keskelt saame 10 mm pikkuse ümmarguse silindrikese, sellele kleebime mõlemale poole pappseibid. Poolid kinnitame puidukruvidega alusplaadi alla.

Umbkaudselt saame takistid ise valmis kerida, täpsustamiseks peame nad aga viima kuhugile elektrotehnika töökotta, kus on olemas täpsed mõõteriistad.

Takistustraate on palju ja raske on ütelda, missugust just iseehitajal õnnestub saada. Takistustraadi iseloomustavaks omaduseks on tema ühe meetri takistus oomides. Kui omame näiteks takistustraati, mille ühe meetri takistus



Joon. 90. Takistialus.



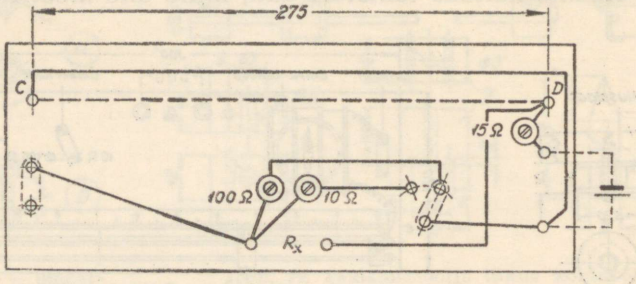
Joon. 91. Takistusmõõtja.

on 20 oomi, siis on selge, et 10-oomise takisti jaoks vajame teda 0,5 m ja 100-oomise jaoks 5 meetrit.

Kokkumonteerimine (joon. 91).

Üksikosade monteerimine alusplaadile üldjoonise järgi ei tohiks tekitada raskusi. Liikuva kontaktseadise monteerimisel tuleb kontrollida, kas kontaktvedru puudutab takistustraati kerge survega kogu skaala ulatuses. (Kontaktvedru otsa vastavalt painutada.) Kruvide *C* ja *D* alla kinnitame koos takistustraadiga ka joonestuspaberist valmistatud skaala. Takistuspoolid on monteeritud plaadi alla. Aparaadi altvaade, kus on näidatud ka elektrilised ühendused, on antud joonisel 92.

Kui kõik on valmis ja elektrilised ühendused veel kord kontrollitud, võime hakata mõõtma. Ühendame mõõdetava takistuse ja vooluallika vastavate klemmide külge alusplaadil. Galvanomeetri osuti seame nullile (keerame ta alusel vastavasse asendisse). Kui nüüd lüliti alla vajutame, kaldub magnetnõel kindlasti tugevasti kõrvale. Liikuvat kontakti käepidemest edasi-tagasi libistades püüame osutit viia uuesti nulljoonele. Kui see ei lähe korda, muudame ümberlüliti abil mõõtepiirkonda ja proovime uuesti. Täpne nullasend on saavutatud siis, kui galvanomeetri vooluahelat katkestades ja taasühendades osuti jääb nullile. Takistuse suuruse või pikkuse l_1 loeme nüüd skaalalt liikuva kontakti teraviku kohalt.



Joon. 92. Takistusmõõtja altvaade.

Meie mõõteriist mõõdab takistusi suurusega 1 kuni 1000 oomi. Kui tahame mõõta veelgi suuremaid takistusi (kuni 10 000 Ω), peame ümberlülitile veel ühe kontakti juurde monteerima ja vastavalt ka täppistakisti suurusega 1000 oomi.

§ 47. Elektrimootor.

Elektrimootori ülesandeks on muuta elektrienergiat mehaaniliseks tööks vastandina generaatorile, mis mehaanilise töö arvel toodab elektrienergiat.

Tänapäeva tehnikas on elekter osutunud kõige sobivamaks energia ülekandevahendiks, seetõttu on meie tööstustes elektrimootoril ja generaatoril määratu tähtsus.

Elektrijaamadest juhitakse võimsate generaatorite poolt tekitatud elektrienergia juhtmeid kaudu suurtesse kaugustesse, muudetakse tarvituskohal elektrimootorite abil uuesti mehaaniliseks energiaks ja käitatakse nii mitmesuguseid tööstusmasinaid.

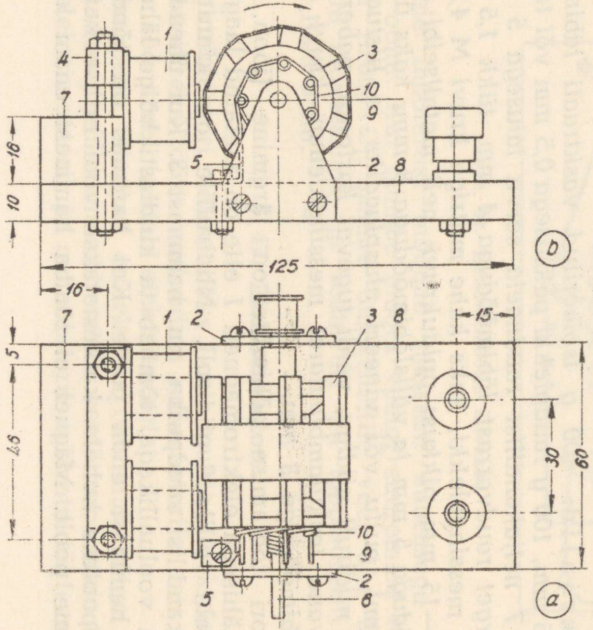
Mootor, mille ehitamisele meie asume, on väike. Tema jõudu ei saa me loomulikult kasutada mingisuguste masinate käitamiseks. Küll on ta aga rakendatav mõnede meie omavalmistatud aparaatide juures (morseaparaat) või siis mudelauto, -laeva või -rongi käimapanemiseks. Vooluallikana kasutame oma mootori jaoks galvaani elemente, akumulaatoreid või madalpingelist vahelduvvoolu (6 volti).

Huvitav on siinkohal märkida, et 1838. aastal valmis vene õpetlasel B. S. Jakobil samal põhimõttel töötav, nagu meiegi järgnevalt ehitada kavatseme, küllalt võimas mootor, mis oli võimeline Peterburis Neeva jõel vastu voolu liikuma panema paati 12 reisijaga.

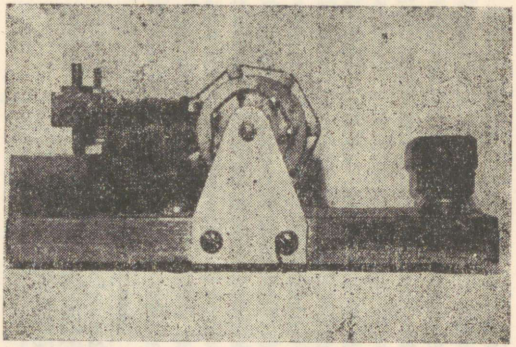
§ 48. Elektrimootori ehitamine.

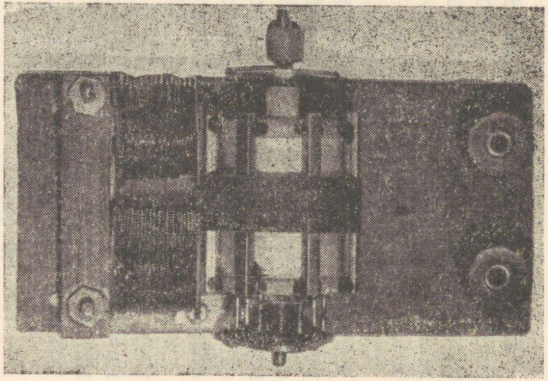
Materjalid: *100 g isoleeritud vasktraati läbimõõduga 0,5 mm, 100 g raudplekki paksusega 0,5 mm või trafoplekki, 7 neljakandilist raudnaela serva laiusega 5 mm, tükk sirget raudvarrast läbimõõduga 4 mm, tükk 1,5 mm paksust messingplekki, kaks kahe mutriga kruvi M 4×50, neli 10—15 mm pikkust puidukruvi, neli metallseibi siseläbimõõduga 5 mm ja välisläbimõõduga 8 mm, kaks ühendusklemmi, puitu või vineeri alusplaadiks ja liistudeks, suurem niidirull niidiga, veidi tugevat kartongi, paberit ja lakki, vana taskulambipatarei messingklemm, kruvi mutriga, läbimõõduga 3 mm.*

Mootori töötamise põhimõte on järgmine (joon. 93). Kahe mähisega elektromagneti *1* ette on asetatud laagrites pöörlevale võllile *6* niidirull. Niidirullile on kinnitatud *7* neljakandilist raudpulka, nn. hammast *3*. Kui ühendame magneti vooluallikaga, tõmbab ta kindlasti kõige lähemal asuvat hammast enda poole. Kui hammas on jõudnud magnetipooluse kohale, katkestatakse vool erilise katkestusseadme poolt. Magnet ei tõmba hammast enam külge

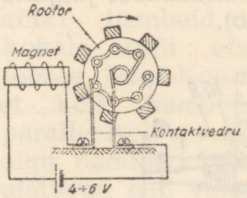


Joon. 93. Elektrimootor: *a* — pealtvaade, *b* — külgvaade.

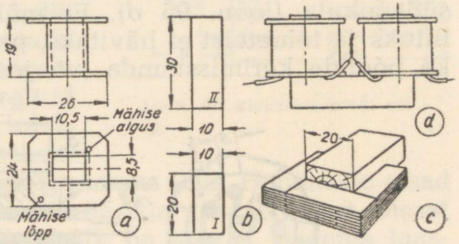




ja see liigub hooga poolusest mööda. Kui järgmine hammas satub magneti mõjupiirkonda, ühendub vooluring jällegi ja magnet tõmbab uut hammast ligi. Nii on saavutatud pöörlev liikumine. Vooluringi õigeaegne katkestamine ja taasühendamine toimub niidirulli otsa löödud seitsme peenikese raudnaela ja kontaktvedru 5 kaudu. Iga hamba kohal on üks nael, mis puudutab kontaktvedru ja ühendab voolu ainult vajalikul momendil. Jooniselt 94 selgub kontaktseadme töötamispõhimõte täielikult.



Joon. 94. Elektrimootori kontaktseade.



Joon. 95. Elektromagneti valmistamine: *a* — poolialus, *b* — plekiribad, *c* — plekiribadest elektromagneti südamiku koostamine, *d* — valminud elektromagnet.

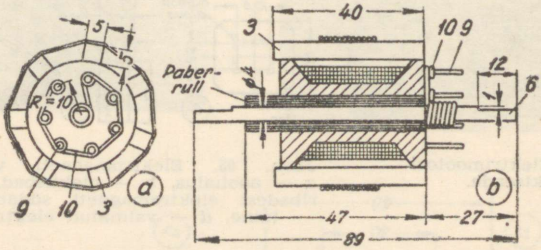
Elektromagneti *1* (joon. 93) U-kujuline raudsüdamik on valmistatud üksikutest plekkidest, mis on lakiga omavahel ühendatud tugevaks plekipakiks. Peame lõikama plekktahvlist (0,5 mm plekk) kahte liiki plekiribasid, suurusega 10×30 mm — 28 tükki ja 10×20 mm 14 tükki (joon. 95 *b*). Plekid asetame U-kujuliselt üksteise peale. Iga kihi vahele tõmbame pintsliga õhukese korra lakki. Paki koostamisel tuleb plekid I ja II laduda vaheldumisi (joon. 95 *c*), muidu laguneks meie raudsüdamik hiljem koost (nagu telliskivimüürgi, kui kivid laduda kõik ühtemoodi üksteise otsa).

Et südamiku serv tuleks tasane ja et plekke kergem oleks laduda, kasutame joonisel 95 *c* näidatud puitklotsi.

Kui kõik 14 kihti on laotud, eemaldame ettevaatlikult klotsi, asetame plekipakile sileda puitplaadi ja selle peale raskuse (triikraud, kaaluviht). Kõige parem on siiski plekipakk kahe plaadi vahele asetatult kruustangide vahele

tugevasti kinni keerata, et plekid oleksid hästi kokku surutud. Nii tuleb südamikku lasta seista, kuni nitrolakk on täielikult kuivanud (12 tundi). Nüüd viilime kruustangide vahel ettevaatlikult plekipaki servad konarustest tasaseks. Eriti tasased ja täisnurga all peavad olema pooluste pinnad.

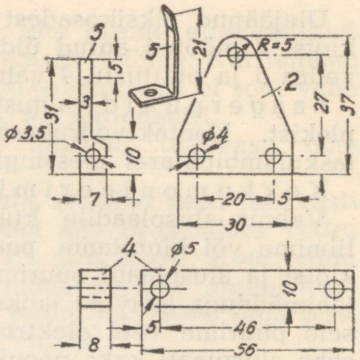
Poolialused valmistame juba eespooltoodud juhiste kohaselt (§ 5 a) joonisel 95 *a* toodud mõõdete järgi ja kerime täis 0,5 mm-lise läbimõõduga isoleeritud vasktraati. Mähise alguse ja lõpu otsplaadist läbitoomise kohad on näidatud samal joonisel. Valmis mähised asetame raudsüdamikule (joon. 95 *d*). Et mõlema mähise magnetjõud liituks ja teineteist ei hävitaks, peame ühendamisel jälgima ka poolide kerimissuunda (vt. joon. 68 *b*).



Joon. 96. Elektrimootori rootor: *a* — otsvaade, *b* — läbilõige.

Rootor on valmistatud suuremast niidirullist, mille läbimõõt on 29 mm ja pikkus 38 mm (tavaline niidi nr. 30 rull). Rull peab olema terve ja pragudeta. Soovitav on kasutada rulli koos niidiga, siis ei ole kontaktnaelte sisselöömisel karta rulli otsa pragunemist (joon. 96). Rulli tasapinnalisele otsale tõmbame sirkliga 20 mm-lise läbimõõduga ringi (sirkli jala asetamiseks peame rulli otsa lööma puitpunni). Selle ringi jaotame täpselt seitsmeks võrdseks osaks ja tõmbame pliiatsiga jooned keskpunktist ääreni. Tõmmatud ringile lööme vastavalt jaotuskohtadele 7 peenikest umbes 1 mm jämedust naela. Naelu püüame lüüa täpselt ringjoonele ja õigesse kohta, sest sellest oleneb hiljem mootori kerge ja ühtlane jooks. Naelte kohale, piki rulli, tuleb nüüd kinnitada 7 hammast 3. Hambaid on

lihtne valmistada suurtest neljakandilistest raudnaeltest. Tuleb vaid paras pikkus välja saagida. Kinnitamine rullile toimub lakiga järgmiselt: et kõiki hambaid esialgselt oma õigele kohale asetada, lükkame rullile paar kummirõngast ja torkame hambad rullile kummirõngaste alla nii, et viimased suruvad neid vastu rulli. Nüüd on lihtne nihutada kõiki hambaid oma õigele kohale rulli otsa märgitud joonte järgi. Kontrollida tuleb, et kõik hambad asetseksid paralleelselt ja rulli telgjoonega samas sihis. Hammaste otsad olgu naeltepoolses otsas rulli äärega tasa. Teisest otsast ulatuvad nad veidi üle. Kui kõik on korras, paneme laastukesega iga hamba külgedele ja hammast kergitades ka alla, niidirulli servale, tublisti paksemat lakki (nitroemail-). Hamba pealispind aga jäägu puhtaks. Nüüd laseme rullil seista pikemat aega, kuni lakk on täiesti kuivanud. Et hammaste kinnitust tugevdada, on rulli keskele hammastele keritud 15 mm ulatuses lakist läbitõmmatud niiti.



Joon. 97. Elektrimootori osi.

Auk niidirullis on kahjuks suurem kui meie võlli 6 läbimõõt. Seepärast peame võllile tihedalt kerima lakiga määritud paberit, kuni on saavutatud sobiv läbimõõt.

Nii valmistatud toru (pikkusega 47 mm) surume peale kuivamist niidirulli auku. Kui toru loksub, kerime paberit juurde. (Kiilu vaheleajamisel kalduks võll oma tsentrist kõrvale ja kogu rootor hakkaks pöörlemisel loperdama.) Rootor on täiesti valmis pärast seda, kui oleme kõik kontaktnaelad elektriliselt võlliga ühendanud. Võtame tüki isolatsioonist puhastatud traati ja ühendame selle abil kõik seitse naela, tehes igaühe ümber ühe keeru. Traadi *10* lõpu kerime paljude keerdudega võllile. Võll peab olema täiesti sirge ja viilitud mõlemast otsast 12 mm ulatuses lapikuks, et hiljem, kui vajalik, oleks võimalik võlli otstesse kinnitada rihmaratast ja hooratast.

Ülejäänud üksikosadest on alusplaadi *8* ja distantsklotsi *7* mõõted antud üldjoonisel, laagerpuki *2*, kontaktvedru *5* ja puitliistu *4* valmistame joonise *97* järgi.

Laagerpukid valmistame 1,5 mm paksusest messingplekist. Kontaktvedrukese materjaliks on sobiv vana taskulambipatarei messingist kontaktklemm.

Kokkumonteerimine.

Valmis alusplaadile, kuhu klemmid on külge kruvitud, liimime või kinnitame paari naelakesega klotsi *7*. Läbi klotsi ja alusplaadi puurime liistu *4* järgi augud 4 mm-lise läbimõõduga kruvide jaoks. Enne magneti kinnitamist alusele puurime veel elektromagneti mähise otste läbiviimiseks alusplaati kaks peenikest auku, sest kõik elektrilised ühendused on tehtud alusplaadi all. Magneti kinnitame, nagu üldjoonisel näidatud, tugevasti liistude *7* ja *4* vahele. Nüüd pistame rootori võllile laagerpukid ja seame rootori magneti ette nii, et pooluste ja hamba vahele jääks umbes 1 mm suurune vahe. Märgime alusplaadi servadele laagerpukkide kinnitusaukude asukohad, puurime sinna augud ja kinnitame laagerpukid lõpuks 10—15 mm puidukruvidega. Rootor peab laagerpukkide vahel vabalt ja kergelt liikuma, kuid mitte logisema ja loperdama. Edasi asetame katseliselt oma kohale kontaktvedru *5*. Kontaktnaelad peavad vedru kallakulist pinda kergelt riivama. Kui õige asend on saavutatud, puurime alusplaadisse 3,5 mm-lise läbimõõduga augu ja kinnitame sinna 3 mm-lise läbimõõduga kruvi ja mutri abil kontaktvedru *5* (joon. 93).

Elektrilised ühendused selguvad küllaldasel määral jooniselt 94. Üks magnetimähise ots on kinnitatud ühe klemmi alla, teine kontaktvedru kinnitusmutri alla. Teine klemm on ühendatud laagerpukiga. Ühendusjuhe on kinnitatud puki külge kas jootmise teel või siis keeratult puki kinnituskruvi alla. Pukk on ühenduses võlliga, võll kontaktnaeltega ja viimased teatud momentidel kontaktvedruga.

Enne mootori proovimist keerame magneti kinnituspoldid veel kord lahti ja nihutame magnetit hammastele võimalikult lähemale. Mida väiksem on õhupilu pooluste ja hamba vahel, seda tugevam on magnetjõud. Kui selgub, et rootori pöörlemisel mõni hammas puutub vastu poolu-

seid, teised aga jäävad eemale, siis peame ettevaatlikult kõrgemaid hambaid veidi madalamaks viilima. Kui tahame mootorit hiljem kasutada ka jõumasinana, siis ei tohi vahe pooluste ja hamba vahel olla üle 0,5 millimeetri.

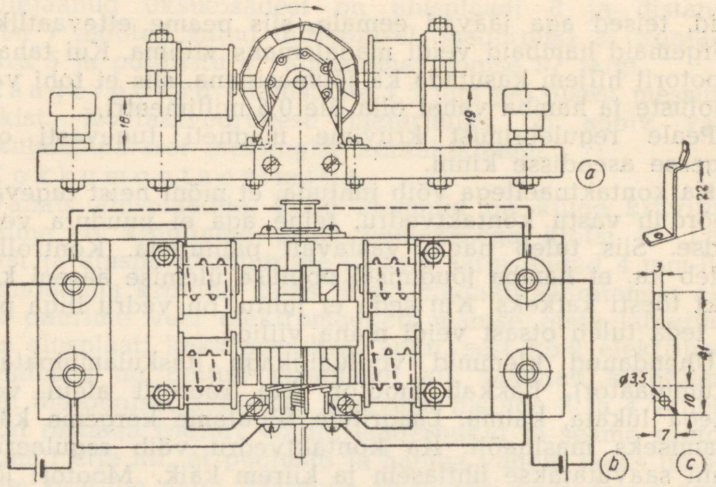
Peale reguleerimist kruvime magneti tugevasti oma õigesse asendisse kinni.

Ka kontaktnaeltega võib juhtuda, et mõni neist tugevasti hõõrdub vastu kontaktvedru, teine aga ei puuduta vedru üldse. Siis tuleb naelu vastavalt painutada. Kontrollida tuleb ka, et hamba jõudmisel pooluse ülemise ääreni kontakt tõesti katkeks. Kui seda ei juhtu, on vedru liiga pikk ja teda tuleb otsast veidi maha viilida.

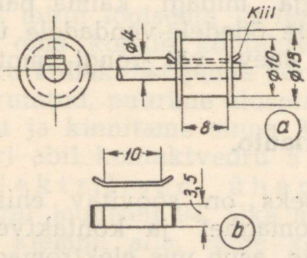
Ühendanud klemmid vooluallikaga (taskulambipatarei, akumulaator), hakkab mootor, kui rootorit algul veidi käega lükata, käima. Laagritele tilgutame kergema käigu saamiseks masinaõli. Ka kontaktvedru võib reguleerida, kuni saavutatakse ühtlasem ja kiirem käik. Mootori jõud on muidugi üsna väike, kuid kasutades tugevaid galvaani elemente (4—5 tükki järjestikku), akumulaatorit või § 65 kohaselt valmistatud akulaadija madalpingelist vahelduvvoolu (6 volti), saame ka temaga „midagi" käima panna. Võime näiteks oma noorematele õdedele-vendadele üllatuse teha ja nende mänguauto, -laeva või -rongi „motoriseerida".

§ 49. Elektriauto.

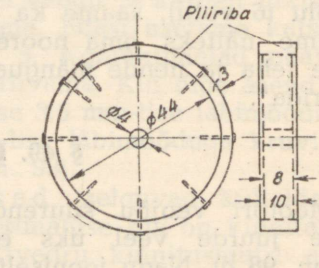
Mootori veojõu suurendamiseks on soovitav ehitada talle juurde veel üks elektromagnet ja kontaktvedru (joon. 98 *a*). Nagu jooniselt näete, asub uus elektromagnet alusplaadist kõrgemal kui vana, samuti on ka vedru veidi teistsuguse kujuga (joon. 98 *c*). Mõlema magneti tõmbejõud ei toimi mitte üheaegselt, vaid vaheldumisi, mistõttu mootori käik läheb ühtlasemaks. Uue elektromagneti alusele asetamiseks tuleb senised klemmid (vt. joon. 93) kõrvaldada. Klemmideks kasutame nüüd magnetile kinnituskruvisid, kuhu selle jaoks lisamutrid peale keeratakse. Kummalgi elektromagnetil on eraldi klemmid. Võime neid ühendada eri patareidega. Ühe patarei kasutamisel ühendame klemmid omavahel paralleelselt (joonisel 98 *b* kriips-



Joon. 98. Kahe elektromagnetiga elektrimootor: *a* — külgvaade, *b* — pealtvaade, *c* — kontaktvedru.



Joon. 99. Elektrimootori rihmaratta kinnitamine: *a* — rihmaratas, *c* — kiil.



Joon. 100. Elektrimootori hooratas.

joonega märgitud). Tugevama voolu tõttu tühjeneb aga patarei siis üsna kiiresti. Mootori jõu ülekandmiseks vajame kõigepealt rihmaratast (joon. 99). Selleks saeme 10 mm läbimõõduga puitpulga otsast 8 mm pikkuse tüki. Täpselt keskele puurime talle 4 mm-lise läbimõõduga augu. Selle rattakese otsa liimime veel veidi suuremad (läbimõõduga 13 mm) pappseibid, et poleks hiljem karta „rihma"

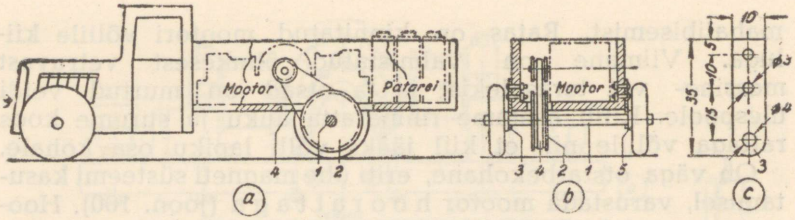
mahalibisemist. Ratas on kinnitatud mootori võllile kiiluga. Viimane on valmistatud õhukesest vetruvast messing- või terasplekist ja ta otsad on murtud veidi ülespoole. Kiilu asetame rihmaratta auku ja surume koos rattaga võllile nii, et kiil jääks võlli lapiku osa kohale.

On väga otstarbekohane, eriti ühe magneti süsteemi kasutamisel, varustada mootor h o o r a t t a g a (joon. 100). Hooratas tasandab mootori tõukelist käiku ja aitab oma hooga takistusi ületada (näit. auto ülesmäkke sõit). Hooratta valmistame 8 mm paksusest vineerist. Ketta servale lööme naeltega umbes 3 mm paksuse ja 10 mm laiuse pliiriba (vana pliikaabli kest). Ketta keskele puurime 4 mm-lise läbimõõduga augu ja kinnitame ta mootori võlli vabaksjäänud otsa kiilu abil nagu rihmarattagi.

§ 50. Elektriauto ehitamine.

M a t e r j a l i d: *vineerist mänguauto, mille sisemusse mahuks mootor koos patareidega, tükk 1,5 mm paksust messingplekki, 150 mm pikkune raudvarb läbimõõduga 4 mm, neli 3 mm jämedusega kruvi mutritega, tükk 8 mm paksust vineeri, pappi, veidi kummipaela ja lakki, elektrimootor, elektripatarei (2 taskulambipatareid).*

Lihtsat vineerautot oskab igaüks ise valmistada (võib kasutada ka artellitooteid). Auto valmistamisel tuleb silmas pidada, et mootor koos patareidega auto sisemusse ära mahuks. Auto tagumine rattapaar on vedajaks. Ühisele 4 mm-lise läbimõõduga teljele *1* on kinnitatud otstesse kaks auto tagumist ratast ja keskele veoratas *2*. Veoratas sarnaneb oma ehituselt täiesti rihmarattale, on aga palju suurema läbimõõduga. Seetõttu mootori kiire käik muutub suure ülekande tõttu aeglasemaks ja tugevamaks. Veoratas on ühendatud rihmarattaga „veorihma" *4* abil. Veorihmaks kasutame umbes 5 mm laiust kummipaela. Paraja pikkusega kummipaela otsad õmbleme kokku (mitte sõlmida!) ja asetame paela ratastele, kus ta peab olema veidi pingutatult. Telje laagriteks on kaks messingplaati *3*, mis on kinnitatud auto külgedele kahe peitpeakruviga läbimõõduga 3 mm ja mutritega. Auto rattad ja veoratas on võllile tihe-



Joon. 101. Elektriauto: *a* — lõige küljelt, *b* — lõige tagumiste rataste kohalt, *c* — telje laager.

dalt peale surutud ja lakiga kinnitatud. Rataste ja messingplaatide vahele asetame teljele paar seibi 5, et rattad vastu auto külgi ei hõõrduks. Auto põhja peab veel saagima augu rihma ja veoratta jaoks. Mootor ise on paari puidukruviga kinnitatud auto põhja külge.

Kui auto „motoriseerimine" on lõpule viidud, ühendame mootori autole mahutatud patareiga, lükkame ta kergelt liikuma ja auto sõidab omal jõul edasi. Siledal, takistusteta teel võib auto väga kaugele liikuda. Kui auto on varustatud rooliga, võime ta panna toas ringiratast tiirlema.

§ 51. Elektrirong.

Mudel-elektrirongi käivitamiseks tuleb meil oma mootori võimsust veelgi tõsta, mootorvagun peab ju järel vedama ka vaguneid. Patareide kasutamine ei anna siin enam häid tulemusi. Nad tühjenevad kiiresti ega lase end tugevasti koormata. Et vooluallikate asetamine mootori juurde ei ole enam vajalik (voolu võime juhtida mootorisse rööbaste kaudu), siis saame mootori käitamiseks suurepäraselt kasutada oma akulaadija (§ 65) madalpingelist vahelduvvoolu (pinge 6 volti).

Mitte mingil juhul ei tohi aga mootorit ühendada otse valgustusvõrku. Sellega rikuksime oma mootori täielikult ja põletaksime ka kaitsekorgid läbi.

Maal, kus elektrivõrk puudub, kasutame vooluallikaks 4- kuni 6-voldilist akumulaatorpatareid (2 kuni 3 elementi).

Meie elektrimootor (ühe magneti süsteemiga), nagu kogemused on näidanud, ei käivitu vooluallikaga ühenda-

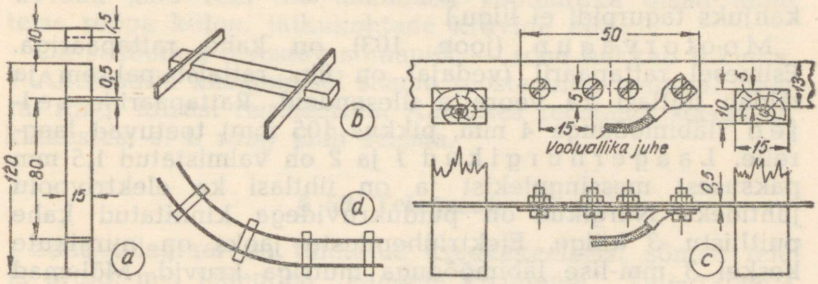
des mitte igakord kohe, teda tuleb vahest käima lükata. Elektrirongi juures on see üsna tülikas. Mugavam oleks istuda vooluallika juures ja juhtida rongi lüliti ning reostaadi abil. Et seda saavutada, peame ehitama mootori kindlasti k a h e elektromagnetiga. Kui esimese vedru on katkestusseisus, siis teise oma on kindlasti ühendusseisus. Nii ei teki enam „surnud punkte", kust mootor hooga peab üle jooksma.

§ 52. Elektrirongi ehitamine.

M a t e r j a l i d : *elektrimootor, vooluallikas (aku või vahelduvvool 6 V), mudelrong (vineerist), tükk raudvarba läbimõõduga 3 mm, tahvel 0,5 mm paksust raud- või messingplekki, paarkümmend mutritega kruvi läbimõõduga 3 mm, tükk 1,5 mm paksust messingplekki, puitliistukesi (10×10 mm), 5 mm paksust vineeri, peenikesi naelu ja lakki.*

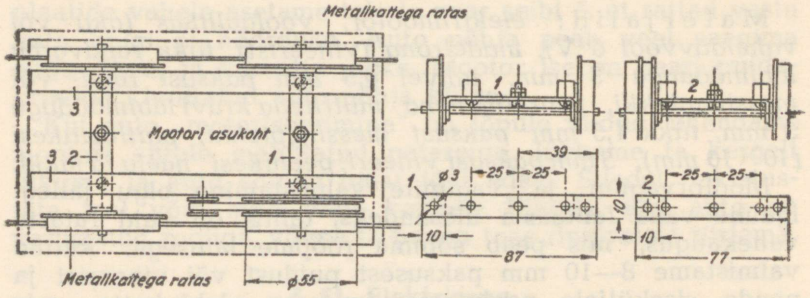
Mootorvaguni ja vagunite valmistamine olgu jällegi igaühe vaba fantaasia ülesandeks, tähtis on vaid rataste vahekaugus, mis peab sobima rööpme laiusega. Rattad valmistame 8—10 mm paksusest puidust või vineerist ja nende siseküljele naelutame suurema plekk-ketta, mis takistab rööbastelt mahalibisemist. Elektrimootori monteerime eraldi vagunile, nn. „mootorvagunile", mille ehitus on näidatud joonisel 103.

R ö ö p a d (joon. 102) valmistame 13 mm laiuse ja 0,5 mm paksuse messing- või raudpleki ribadest. Üksikud



Joon. 102. Elektriraudtee rööbaste valmistamine: *a* — liiper, *b* — rööbaste asetamine liipreisse, *c* — rööbaste jätkamine, *d* — osa rööbasteest.

ribad on ühendatud omavahel jätkudega (joon. 102 *c*). Ühendusplaadike asetsegu alati väljaspool, et ta ei takistaks rataste liikumist. Nii võime rööpad jätkata üksteise otsa ja moodustada õige pika raudtee. Rööpad asetame liipreisse *b*. Need on valmistatud puitliistudest, millele on sisse saetud täpse vahekaugusega (80 mm) kaks 5 mm sügavust pilu *a*. Pilu laius peab olema parajasti nii suur, et 0,5 mm paksune rööbas sinna tihedalt sisse läheks. Liipreid asetame rööbaste alla iga 15 kuni 20 cm tagant, kurvikohtadel tihedamini, et rööbastevaheline laius ei muutuks.



Joon. 103. Elektrirongi mootorvaguni üksikosi.

Võime ehitada mitmesuguse kujuga raudteeliine vahejaamade ja platvormidega. Kõige otstarbekam on ehitada ringtee. Siis pole karta rongi rööbastelt väljajooksmist ega ole vaja teda tee lõpust algusesse tagasi lükata. (Meie rong kahjuks tagurpidi ei liigu.)

Mootorvagun (joon. 103) on kahe rattapaariga. Esimesel rattapaaril (vedaja) on üks rattaist paksem ja täidab ühtlasi ka veoratta ülesandeid. Rattapaaride teljed (läbimõõduga 4 mm, pikkus 105 mm) toetuvad laagreile. Laagernurgikud *1* ja *2* on valmistatud 1,5 mm paksusest messingplekist ja on ühtlasi ka elektrivoolu juhtideks. Nurgikud on puidukruvidega kinnitatud kahe puitliistu *3* külge. Elektriühenduste jaoks on nurgikute keskel 3 mm-lise läbimõõduga mutriga kruvid. Mõlemad nurgikud peavad olema elektrilises kontaktis üks ühe ja teine teise rööpaga. Selleks on esimesel rattapaaril parem

tagumisel vasak ratas kaetud messingribaga (rõngaga), mis on peenikeste naeltega kinnitatud ratta külge. Messingrõngas on ühendatud ratta siseküljele naelutatud metallkettaga (messingist), ketas omakorda teljega. Parema kontakti saamiseks on ketas telje külge ja rõngas ketta külge kinni joodetud. Et ära hoida rööbastevahelist lühiühendust telje kaudu, on rattapaari teise ratta sisemine ketas papist (tugevuse mõttes lakitud). Metallrõngastega rattad toetuvad teine teisele rööpale. Elekter voolab niisiis ühest rööpast läbi ratta esimesele teljele, sealt laagernurgiku kaudu mootorisse, edasi läbi mootori mähiste teise laagernurgiku, telje ja ratta kaudu teise rööpasse. Elektrimootor on kinnitatud paari puidukruviga liistude 3 külge ja tema klemmid on ühendatud teine teise laagernurgikuga traadi abil. Veoülekanne toimub täpselt samuti kui elektriauto juures.

Mootorvagunile nägusa välimuse andmiseks katame ta vineerkarbikesega. Karbikese värvime soovikohaselt ja kinnitame ta mõne naelaga liistu 3 otste külge. Teistel vagunitel ei ole muidugi vaja rattaid asetada telgedele nagu mootorvagunil, vaid kinnitada lihtsalt kruvi või naelaga liikuvalt vaguni aluse külge; mootorvaguni asetus vagunite suhtes ei ole oluline.

Kui rong on valmis, kontrollime, kas kõikide vagunite rattad ka küllalt kergelt oma telgedel liiguvad ja kusagil vastu vaguni külge ei hõõrdu. (Hõõrdumise vältimiseks asetada ratta teljele seibe nagu elektriauto juures.)

Nüüd jääb veel üle ühendada vooluallika otsad teine teise rööpa külge, jätkukohtade kruvide alla.

On saabunud otsustav silmapilk — rong hakkab liikuma. Akulaadija kasutamisel saame reostaadiga teataval määral rongi kiirust reguleerida. Äärmises reostaadi seisus on katkestus, s. t. rong jääb seisma.

§ 53. Telegraaf.

Sõna telegraaf on tuletatud kreekakeelseist sõnust *tele* ja *grafo*, mis tähendab „kaugele kirjutama". Telegrafeerimine tule ja suitsu abil oli tuntud õige vanal ajal.

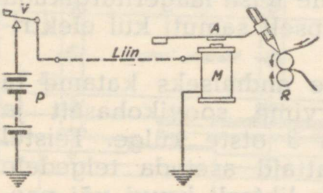
Esimese telegraafi ehitas vene füüsik P. L. Šilling

1832. a. Sellega hakati ühendust pidama Talvepalee ja Teedeministeeriumi vahel, 5 aastat hiljem valmis ka S. Morsel telegraafiaparaat.

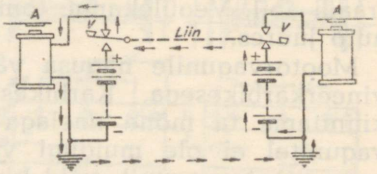
Morse töötas välja ka telegrafeerimiseks erilise tähestiku punktide ja kriipsude kombinatsioonidest. See morsetähestik, millest kõik oleme kuulnud, on praegugi kasutusel kogu maailmas.

Morseaparaadi töötamispõhimõte on võrdlemisi lihtne. Sellepärast võime julgesti asuda ühe niisuguse ehitamisele, muidugi veelgi lihtsustatumal kujul, nii nagu meie tööriistad ja materjalid seda lubavad.

Morseaparaadi signaalide saatjaks on morsevõti. Signaalide vastuvõtjaks on elektromagnet koos ankru ja kirjutus-



Joon. 104. Morseaparaadi lülitusskeem ühepoolseks telegrafeerimiseks.



Joon. 105. Morseaparaadi lülitusskeem kahepoolseks telegrafeerimiseks.

seadmega (joon. 104). Kui suruda võti *V* alla, ühendame patarei *P* vooluringi. Vool läbib oma teekonnal välisliini juhtme, teise jaama vastuvõtuaparaadi magnetmähise ja voolab maad kaudu patareisse tagasi. Magnet *M* tõmbab seetõttu ankru *A* külge. Ühes ankruga liigub allapoole ka tema külge kinnitatud pliiats.[1] See puutub vastu paberlinti ja märgib sellele joone, sest lint liigub rullide *R* vahel pidevalt ja aeglaselt edasi. Olenevalt sellest, kui kaua me võtit *V* allseisus hoiame, võime lindile märkida kas punkte või kriipse. Morsetähestikku kasutades saame niiviisi anda edasi tähti, sõnu ja terveid lauseid, ühesõnaga — saame telegrafeerida.

Vastastikuseks telegrammide vahetamiseks on vajalikud

[1] Pliiatsi asemel kasutatakse tegelikult rattakest, mille terav serv on templivärviga pidevalt määritud.

kummaski jaamas üks morsevõti ja üks vastuvõtuaparaat (magnet ja kirjutusseade), mis on lülitud joonise 105 kohaselt. Morsevõtme ülemised kontaktid on selleks, et saatmisel oma magnetit vooluringist välja lülida.

§ 54. Morsetähestik.

Ladina täht	Vene täht	Tähis	Kirjamärk, number, erimärgid	Tähis
A	А	.—	.	.....
B	Б	—...	,	.—.—.—
C	Ц	—.—.	;	—.—.—.
D	Д	—..	:	———...
E	Е	.	?	..——..
F	Ф	..—.	!	——..——
G	Г	——.	ülakoma	.————
H	Х	....	kriips	—....—
I	И	..	sulud	—.——.—
J	Й	.———	jutumärgid	.—..—.
K	К	—.—	uus rida	.—.—..
L	Л	.—..	allakriipsutus	..——.—
M	М	——	1	.————
N	Н	—.	2	..———
O	О	———	3	...——
P	П	.——.	4	....—
Q	Щ	——.—	5	.....
R	Р	.—.	6	—....
S	С	...	7	——...
T	Т	—	8	———..
U	У	..—	9	————.
V	Ж	...—	0	—————
W	В	.——	+	.—.—.
X	Ь	—..—	—	—....—
Y	Ы	—.——	=	—...—
Z	З	——..	mõistnud	...—.
Ch	Ш	————	eksimus	.....
Ä	Я	.—.—	telegrammi	
Õ, Ö	Ч	———.	või üleandmise lõppmärk	.—.—
Ü	Ю	..——	kutse üleandmisele	—.—
			töö lõpp	...—.—
			algusmärk	.—.—.—

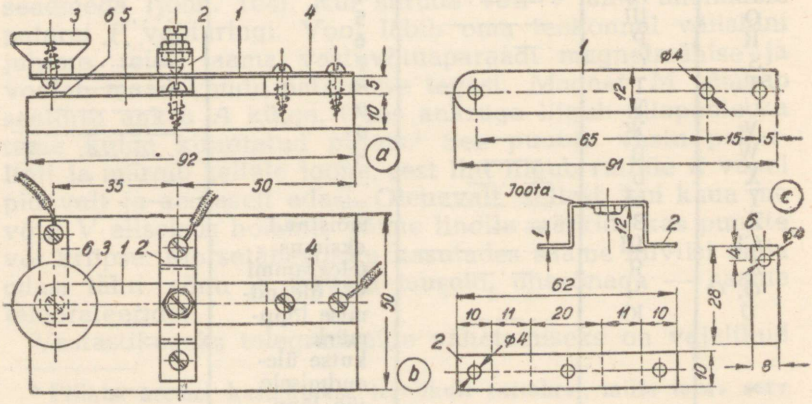
§ 55. Morsevõtme ehitamine.

Materjalid: *tükk 0,5 kuni 1 mm paksust messing- või raudplekki, niidirull, tükk 5 mm ja tükk 10 mm paksust vineeri, viis 10 mm pikkust puidukruvi, kahe mutriga messingkruvi läbimõõduga 3 mm.*

Morsevõtme ehitus selgub küllaldaselt jooniselt 106.

Vetruva metallplaadi *1* ja distantsliistukese *4* kinnitame alusplaadile kahe puidukruviga. Plaadi vaba ots on varustatud nupuga 3. Nupu valmistame niidirullist ja täidame ta keskaugu puitpunniga, et sinna hiljem kruvi sisse saaks keerata. Enne tuleb aga tingimata punni keskele puurida peenike paraja sügavusega auk — muidu võime keeramisel nupu lõhki ajada. Alumiseks võtme kontaktiks on messingplaadike *6* ja ülemiseks — sillakesel *2* asuv 3 mm-lise läbimõõduga reguleeritav kruvi, varustatud mõlemal pool plekki ühe mutriga. Nende mutrite abil kinnitame ka kruvi sobivasse asendisse (alumise mutri võib ka sillakese külge kinni joota). Vetruva plaadi, sillakese ja kontaktplaadikese kinnituskruvide alla ühendame hiljem elektrijuhtmed.

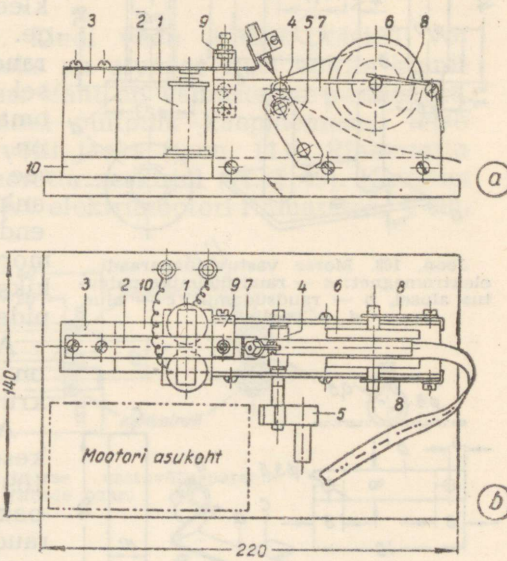
Morsevõtme käigu kõrgust saame reguleerida sillakeses asuva kontaktkruvi abil. Mugavaks töötamiseks sobiv käik on umbes 1 mm.



Joon. 106. Morsevõti: *a* — külgvaade, *b* — pealtvaade, *c* — üksikosad.

§ 56. Vastuvõtuaparaadi ehitamine.

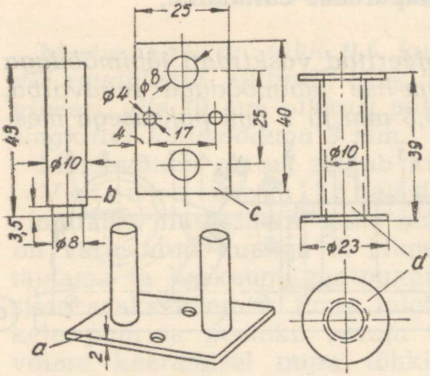
Materjalid: *100 g isoleeritud vasktraati läbimõõduga 0,3 mm, 10 mm-lise ja 6 mm-lise läbimõõduga raudvarba, 2 mm paksust raudplekki, 0,5 mm ja 1 mm paksusega messing- või raudplekki, 4 kruvi M 3×10 mutriga, 2 vedrunõela, pliiats, tükk kummitoru siseläbimõõduga 6 mm, 5 mm paksust vineeri ja 10 mm paksusi puitliistukesi, puidukruve.*



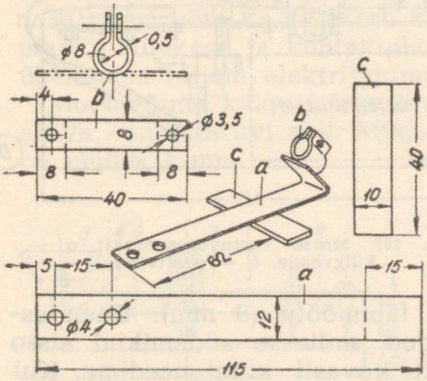
Joon. 107. Morse vastuvõtuaparaat: *a* — külgvaade, *b* — pealtvaade.

Elektromagneti *1* (joon. 107) mähiste raudsüdamikud on valmistatud 10 mm-lise läbimõõduga pehmest ümarrauast (joon. 108 *a* ja *b*) ja needitud 2 mm paksuse rauast ühendusplaadi külge. Mõlema raudsüdamiku üks ots tuleb neetimiseks viilida vähemasse läbimõõtu (8 mm). Ühendusplaadis on sama suured augud, millesse südamikud sisse surume ja altpolt servadelt kõvasti kinni needime. Kui selline südamiku valmistamine teeb raskusi, loobume sellest ja laome südamiku kokku üksikutest plekkidest nagu elektrimootori juures (vt. elektrimootori ehitamine, § 48). Neljakandilise raudsüdamiku serva pikkus olgu siis 10 mm. Poolikehade valmistamist ja mähiste kerimist on kirjeldatud juba eespool. Anname siin ainult valmis poolialuse mõõted (joon. 108 *d*).

Poolid tuleb kerida 0,3 mm-lise läbimõõduga isoleeritud traadist ja ühendada omavahel järjestikku (§ 34). Valmis



Joon. 108. Morse vastuvõtuaparaadi elektromagnet: *a* — raudsüdamike paigutus alusel, *b* — raudsüdamik, *c* — alus, *d* — poolialus.



Joon. 109. Morse vastuvõtuaparaadi ankur.

magnetpooluse kummalegi otsale kleebime tükikese õhukest riiet, et takistada töötamise ajal ankru kleepumist magneti külge. Kleepumist põhjustab raudsüdamik, mis vähesel määral omab magneti omadusi ka siis, kui mähis on vooluta. Olgugi, et see magnetjõud on väike, ankrut suudaks ta siiski enda küljes hoida ja morsemärkide asemel tekiks lindile siis ainult pidev joon.

Ankur *2* (joon. 107) on kinnitatud 2 puidukruviga puitklotsile *3*.

Ankru vetruva lehekese *a* valmistame joon. 109 järgi õhukesest 0,5 mm paksusest messing- või raudplekist. Lehekese painutatud otsa külge on joodetud rõngakujuline samast materjalist pliiatsihoidja *b*. Rõngas on kokkusurutav 3 mm-lise läbimõõduga kruvi ja mutri abil.

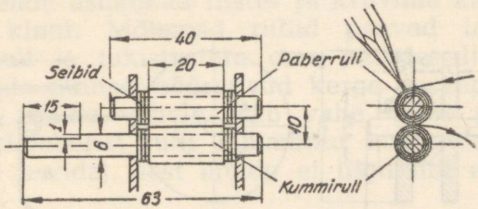
Sobivasse kohta lehekese alla joodame veel 2 mm paksusest raudplekist plaadikese *c*.

Rullide paari *4* (joon. 107) valmistame joon. 110 järgi.

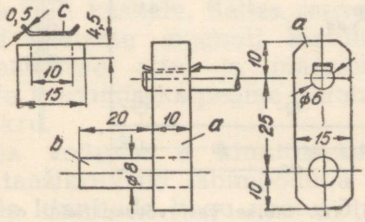
Mõlemate rullide võllid on 6 mm läbimõõduga rauast. Alumine rull on valmistatud lihtsalt võllile sobiva 20 mm pikkuse kummitorukese pealetõmbamise teel. Ülemine rull aga peab olema kõvema pinnaga, sellepärast valmis-

tame ta teisiti. Kerime ülemisele võllile niipalju keerde lakiga niisutatud pabeririba, kuni sobiv läbimõõt (10 mm) on saavutatud. Pabeririba ja seega ka rulli laius on 20 mm nagu alumiselgi. Et rullid vastu külgplaate ei hõõrduks, on võllile asetatud seibid.

Vänt 5 (joon. 107). Lindi vedu toimub käsitsi või elektrimootori abil. Selleks on alumise rulli võllile kinnitatud vänt või rihmaratas. Vänt on valmistatud puitliistust, mille ühte otsa on liimitud puitpulk käepidemeks, teise otsa aga puuritud auk võlli jaoks (joon. 111). Rihmaratta võib valmistada auto veoratta eeskujul (vt. § 49). Kinnitus võllile toimub kiilu abil (vt. elektrimootori rihmaratas, § 48).



Joon. 110. Morse vastuvõtuaparaadi rullide paar.

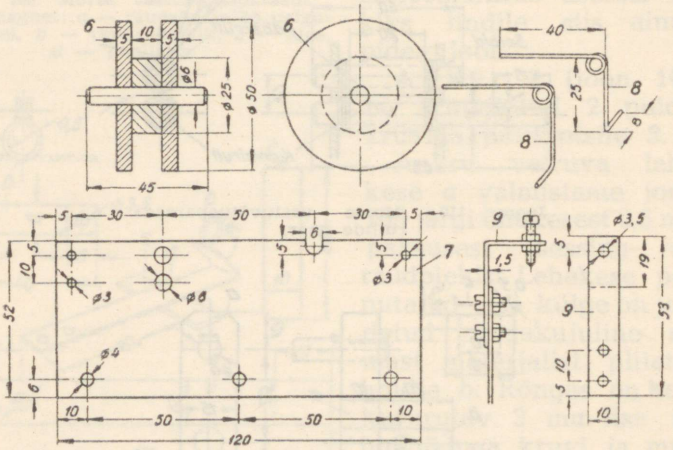


Joon. 111. Vänt: *a* — puitliist, *b* — käepide, *c* — kiil.

Lindiratas 6 (joon. 107). Ratta valmistame joon. 112 järgi. Materjaliks kasutame vineeri. Külgketta paksus on 5 mm, siseketta paksus aga 10 mm. Kui kasutame laiemat linti, peame loomulikult ka siseketta tegema paksema, et lint vabalt külgketaste vahele mahuks.

Kettad ühendame kokku liimiga või paari naelaga ja puurime siis kogu ratta tsentrisse 6 mm-lise läbimõõduga augu telje jaoks. Teljeks kasutame 45 mm pikkust 6 mm-lise läbimõõduga raudpulka, mille kinnitame ratta pesasse paari tilga lakiga.

L a a g e r p u k k i d e *7* (joon. 107) materjaliks on kõige sobivam 1,5 mm paksune messingplekk. Selle puudumisel aga võib kasutada ka muud metalli või isegi harilikku 4 või 5 mm paksust vineeri. Mõlemad laagriplaadid on täpselt ühesugused, seepärast võime neile augud puurida korraga. Märgime ühele plaadile augud ette, asetame plaadid teineteisele ja puurime läbi. Valmistamisel jälgime joonist 112.



Joon. 112. Morse vastuvõtuaparaadi osi.

V e d r u d *8* (joon. 107). Vedrusid on kaks ja nende ülesandeks on lindiratta telge oma pesasse suruda ning pidurdada vähesel määral ratta jooksu. Nad on valmistatud harilikkudest vedrunõeltest ja painutatud joonisel 112 näidatud viisil. Enne painutamist tuleb nõela karastatud ots pehmeks lõõmutada.

N u r g i k u *9* (joon. 107) ülesanne on ankru käigu piira-

mine ülespoole. Valmistame ta 1,5 mm-lisest plekist joonise 112 järgi ja varustame reguleerimiskruviga.

Puitliistu *10* (joon. 107), mõõdetega 12×25×200 mm ja klotsi *3*, mõõdetega 25×25×47 mm, tegemine kuivast puidust on lihtne ja kerge töö.

Kokkumonteerimine (joon. 107).

Nagu üldjooniselt näha, on kogu vastuvõtuseade monteeritud puitliistule *10*. Hiljem kinnitame stabiilsuse mõttes valmismonteeritud seadme siiski veel suuremale alusplaadile, kuhu kruvime ka magnetmähise klemmid.

Monteerimist alustame klotsi *3* liimimisega liistule. Järgmisena asetame kohale laagerplaadid *7* ühes rullidega, märgime nende asukohad liistul ja kruvime nad kuue puidukruviga kinni. Mõlemad rullid peavad laagriplaatide vahel kergelt ja takistusteta oma pesades liikuma, kusjuures rullide pinnad hõõrduvad kerge survega teineteise vastu. Kui rullide vahele jääb vahe, tuleb paratamatult ülemise lakkpaberist rulli läbimõõtu suurendada (pabeririba juurde kerida), sest muidu ei liigu lint rullide vahel üldse edasi.

Ankru *2* kinnituskoht klotsil *3* tuleb katseliselt määrata. Selleks kinnitame pliiatsihoidjasse jupikese teritatud pliiatsit ja asetame ta klotsile nii, et pliiatsi teravik satuks täpselt ülemise rulli keskele. Selles asendis kruvime ankru klotsile. Nüüd asetame magneti liistule *10*, poolustega ankru raudplaadikese alla, ja märgime kinnituskohad. Magneti liistule kruvimiseks peame paratamatult veel kord eemaldama ankru.

Nurgiku *9* ja vedrude *8* kinnituseks laagerplaatidele kasutame montaažikruvisid läbimõõduga 3 mm.

Jääb veel üle kinnitada kogu vastuvõtuseade suuremale alusplaadile ja ühendada magnetmähise otsad klemmide külge, siis on montaaž lõplikult teostatud ja võime alustada proovimisega.

Kerime lindiratta täis 9—10 mm laiust paberlinti ja asetame ta oma pesasse vedrude alla. Lindi otsa toome joonise kohaselt rullide vahelt läbi.

Nüüd ühendame klemmide külge järjestikku morsevõtme ja taskulambipatarei (joon. 104). Kui sulgeme morsevõtme allavajutamisega vooluringi, tõmbab magnet

ankru külge. Nurgiku 9 küljes asuva reguleerimiskruvi abil saame ankru kaugust poolustest reguleerida. Paras vahekaugus on umbes 2 mm. Pliiatsi peame reguleerima hoidjas niisugusele kõrgusele, et iga vooluimpulsi korral teravik puudutaks kerge survega paberlinti. Ühe käega võtit alla vajutades ja teisega vänta keerates saame kontrollida lindile ilmuvaid märke. Pliiats jätab lindile kahjuks võrdlemisi õrna jälje. Kui kellelgi on olemas täitesulepea või torusulg[1], monteerige see pliiatsi asemele, siis on võimalik saada selgemat kirja. Et täitesulepea kergem oleks, kruvime ta ülemise osa sulepea küljest ära.

Valmis aparaadi võime nüüd üles seada soovitud kohta ja ühendada ta liiniga (joonised 104 ja 105).

Ühendusliiniks võime kasutada iga isoleeritud vaskjuhet, kuid mitte liig peenikest (suur takistus). Isoleerimata juhe tuleb arvesse ainult siis, kui ta asetada isolaatoreile.

Et vähendada telegraafiliini ehituskulusid, kasutatakse tavaliselt üheks juhtmeks maad (joon. 104). Meie vahemaad ei kujune aga nii suureks, et juhtmete hind arvesse tuleks, seepärast kasutame maaühenduse asemel samuti vaskjuhet.

Vooluallikana on sobivad galvaani elemendid või taskulambipatarei.

§ 57. Telegrammide vahetamine.

Oletame, et kaks naabermajades elavat iseehitajat, nimetame neid *A* ja *B*, omavad mõlemad nii saate- kui ka vastuvõtuseadme. Seadmed on ühendatud omavahel joonise 105 kohaselt.

Kui *A* tahab alustada telegrammi üleandmist, peab ta oma morsevõtme abil saatma mõned korrad tähte *V* (· · · —). On telegrafistid oma jaamadele valinud aga mingisugused eri kutsemärgid (praeguses näites olgu neiks *A* ja *B*), siis algab saatmine teisiti: — · · · — · · · — · · · — · · · · — — · — · —. See tähendab, kolm korda kutsutava jaama kutsungmärk (*B*), vahele sõna *de* ja kolm korda oma jaama

[1] Kasutatakse läbi šablooni tähtede ja numbrite kirjutamisel.

kutsungmärk (*A*). Peale kutsungit jääb *A* veidikeseks ajaks vastust ootama ja kui seda ei tule, kordab uuesti kutsungit.

Vastuvõtja *B*, kuulnud oma aparaadi klõbinat, paneb lindi liikuma (kas käsitsi või mootoriga) ja peale *A* saate lõppemist saadab ise oma kutsungmärgi ja tähe *K* (kutse üleandmisele). Kui *B* on takistatud vastu võtmast (aparaat reguleerimata, lindirull tühi), annab ta märgi · — · · · (oodata) ja teatab ootamise põhjuse. On *A* lõpuks saanud *B*-lt vastuseks tähe *K*, annab ta algusmärgi — · — · — ja alustab telegrammi üleandmisega. Juhtub aga, et andmisel tekib viga, antakse otsekohe eksimusmärk (· · · · · · · ·), korratakse viimast õieti üleantud sõna ja jätkatakse telegrammi juba õigesti. Telegrammi lõpul anname märgi · — — · ja tähe *K* (— · —), mis kutsub jaama *B* vastama. Vastamine võtab muidugi aega, sest *B* peab telegrammi läbi lugema. Kui *B* ei saanud telegrammist aru, palub ta seda korrata (· · — — · ·).

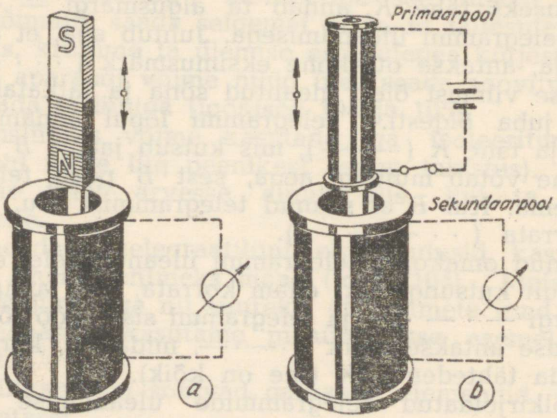
B, asunud omakorda telegrammi üleandmisele, ei pruugi loomulikult kutsungmärki enam korrata, vaid annab ainult algusmärgi — · — · — ja telegrammi sisu. Töö lõpetamise puhul üldse antakse märk · · · — · —, mida on kerge meeles pidada tähtedena *SK* (see on kõik).

Eespoolkirjeldatud telegrammide üleandmise reegleid on küll esialgu raske meeles pidada, kui nad aga kord juba peas on, muutub telegrammide vahetamine palju kiiremaks ja lihtsamaks. Pealegi on kõik need reeglid maksvad rahvusvahelises ulatuses ja kui mõni teist tulevikus tegeleb raadioamatörismiga, ei pruugi ta midagi ümber õppida.

§ 58. Elektromagnetiline induktsioon.

Nagu juba teame, tekib iga juhtme ümber, milles voolab elektrivool, magnetväli. Õieti peaks siis ka vastupidine nähe võimalik olema — magnetvälja abil peaks saama tekitada elektrivoolu. Teeme katset. Valmistame paarisaja keeruga pooli, kuhu meie magnetraud vabalt sisse mahuks. Pooli otsad ühendame multiplikaatoriga. Kui pistame magnetraua poolisse, näeme, et multiplikaator

näitab hetkeliselt voolu (joon. 113 *a*). Kui magneti poolist välja tõmbame, esineb sama nähtus, ainult osuti hälve on vastupidine. Magnetit pooli sees paigal hoides seisab ka mõõteriista osuti nullpunktis. Tähendab vool tekib ainult siis, kui magnetit üles-alla liigutame, s. t. kui magnetvälja jõujooned pooli keerde lõikavad. Kiiremal liigutamisel tekib ka suurem hälve, samuti tekib suurem hälve siis, kui pooli keerdude arvu suurendame või tugevamat mag-



Joon. 113. Elektromagnetilise induktsiooni näitamine:
a — püsivmagnetiga, *b* — elektromagnetiga.

netit kasutame. Seda poolis tekkivat voolu nimetatakse indutseeritud vooluks ja nähtust üldse elektromagnetiliseks induktsiooniks.

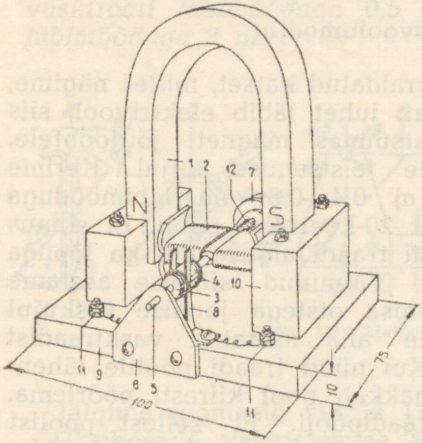
Terasmagneti asemel võime kasutada ka elektromagnetit (joon. 113 *b*). Valmistame raudsüdamikuga pooli (nn. primaarpooli), mis täpselt mahuks varemkasutatud poolisse (nn. sekundaarpoolisse). Kui primaarpooli ühendame vooluallikaga (galvaani elemendiga) ja pistame ta sekundaarpoolisse, indutseeritakse jällegi elektrivool. Vool tekib aga ka siis, kui primaarpool asub liikumatult sekundaarpoolis ja ühendame ning katkestame primaarmähise vooluringi. Primaarpooli tekkiv või kahanev magnetväli

lõikab samuti sekundaarpooli keerde ja indutseerib seal voolu. Induktsiooninähtusel põhinevad paljud elektrilised seadmed, nagu elektrigeneraator ja -mootor, transformaator, sädeinduktor jne.

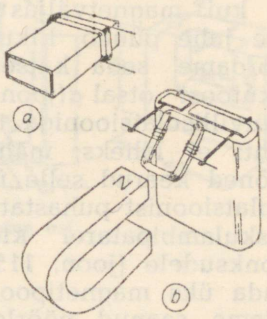
§ 59. Alalisvoolugeneraator.

Tugenedes elektromagnetilise induktsiooni seadusele, on ehitatud alalisvoolu saamiseks generaatorid.

Jooniselt 114 selgub meile generaatori põhiline ehitus ja töötamise põhimõte.



Joon. 114. Alalisvoolumasin.



Joon. 115. Pöörlev traadipool: *a* — pooli kerimine tikutoosil, *b* — pöörlev traadipool.

Generaatori olulisemaks seisvaks osaks on magnet ehk induktor *1*. Selle poolused *N* ja *S* on joonisel märgitud. Pöörlevaks osaks on raudplekkidest südamikule mähitud pool — ankur *2*. Mähise otsad on joodetud kommutaatori *3* lamellide *4* külge. Kommutaatorit ja ankrut läbib ühine võll *5*, millele nad on liikumatult kinnitatud. Võll tugeneb laagerpukkidele *6*. Võllile on kinnitatud veel rihmaratas *7*.

Kui ankur käitada rihmarattast mingi mehaanilise jõuga, siis ankru mähise juhtmed lõikavad magnetvälja jõujooni pooluste *N* ja *S* vahel ja mähises indutseerub elektromotoorne jõud.

Generaator on seda võimsam, mida tugevam on magnetväli ja mida kiiremini pöörleb ankur.

Siin kirjeldatud generaator on lihtsaim oma ehituselt. Praktikas kasutatavad masinad on hoopis keerukamad. Need omavad kõigepealt malmist või terasest kere, mille külge on kinnitatud vaheldumisi hulk pooluseid. Samuti omab ankur mitut mähisesektsiooni.

§ 60. Alalisvoolumootor.

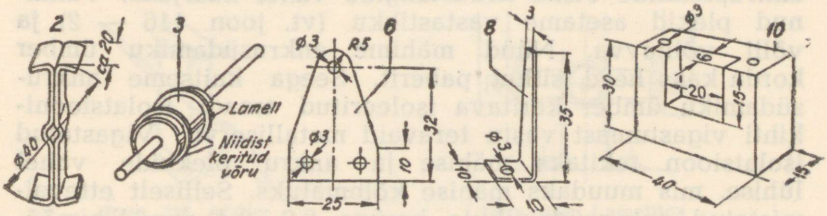
Tuletame meelde § 34 korraldatud katset, milles nägime, et kui magnetväljas asuvat juhet läbib elektrivool, siis see juhe püüab liikuda ristsuunas magneti jõujoontele. Kordame seda katset vähe teistsugusel kujul. Kerime tikutoosi otsal (joon. 115 *a*) 0,4—0,6 mm läbimõõduga puuvillisolatsiooniga traadist 20-keerulise pooli. Et silmus lahti ei läheks, mähime nii traadi alguse kui ka lõpuga mõned keerud selle ümber. Valminud silmuse asetame isolatsioonist puhastatud mähise otstega joonise eeskujul taskulambipatarei klemmide alla asetatud vasktraadist konksudele (joon. 115 *b*). Kui nüüd traadi poolile lähendada üks magnetipoolusi, hakkab pool kiiresti pöörlema. Oleme saanud pöörleva traadipooli. Et sellest poolist saada elektrimootori mudelit, tuleks ta varustada kõigi vajalike elektrimootori osadega. Meil on aga säärane mudel juba ehitatud, sest et eelkirjeldatud alalisvoolugeneraatorit saab kasutada ka mootorina. Tegelikult ongi need masinad, nagu öeldakse, pööratavad ja on ühesuguse ehitusega. Neid nimetatakse sageli ka lihtsalt alalisvoolumasinateks.

Kui masina kontaktklemmid *11* (joon. 114) ühendada taskulambipatareiga, läbib vool harjade ja kommutaatori lamellide kaudu ankrumähise. Ankrumähise keerde lõikavad magnetpooluste vahel olevad jõujooned. Seetõttu hakkabki ankur pöörlema. Pöörlemine on pidev, kuna

vastaval momendil muutub harjade libisemisega ühelt lamellilt teisele ka voolu suund ning liikumissuund jääb endiseks.

§ 61. Alalisvoolumasina ehitamine.

Materjalid: *hobuserauakujuline püsivmagnet, 15 m isoleeritud vasktraati läbimõõduga 0,2—0,4 mm, 0,5 mm paksust raudplekki, 10—15 mm paksust lauakest, 4 peitpeaga kruvi M 3×35, 2 klemmkruvi, 1 mm paksust plekki, traati läbimõõduga 3 mm, 10 mm pikkusi puidukruve, vasktraati läbimõõduga 0,5 mm, 4—5 mm pikkusi neete läbimõõduga 3 mm.*



Joon. 116. Alalisvoolumasina osi.

Jälgime jooniseid 114 ja 116.

Üksikosade valmistamise teostame monteerimise järjekorras.

Aluslaua *9* valmistame 10—15 mm paksusest lauakesest mõõdetega 100×75 mm.

Tugiliistud *10* — arvult kaks — valmistame joonisel 116 antud mõõdete järgi ning kinnitame aluslauale nelja peitpeakruviga M 3×35 sellise vahekaugusega, et magnetpoolused mahuksid nende väljalõigetesse paraja survega.

Magnet *1.* Praegusel juhul on kasutatud äridest saadaolevat standardmõõdetega hobuserauakujulist magnetit. Arusaadavalt võib samuti kasutada suure eduga § 34 kirjeldatud viisil valmistatud elektromagnetit.

Laagerpukid *6* — arvult kaks — valmistame 1 mm paksusest plekist.

Võlli 5 valmistame 3 mm-lise läbimõõduga 90 mm pikkusest traadist.

Ankur *2* valmistatakse kahest 41—42 mm pikkusest, 20 mm laiusest ja umbes 1 mm paksusest raudpleki tükist (vitsraua jupist). Plekitükkidele anname säärase kuju, nagu näha jooniselt 116 — *2*. Ankruvõlli ava saamiseks peame lööma kummagi plekitüki keskkohta soonekese. Need soonekesed lööme sel teel, et asetame plekitükid kas paksule pliiplaadile või puitpaku otsale. Täpselt plekitüki keskele risti sellega asetame 3 mm läbimõõduga kõva traadijupi ja lööme sellele laiapõhjase haamriga mõned hoobid. Edasi painutame joonise eeskujul ka ankruplekkide otsad kruustangide vahel kaarjaks. Valminud plekid asetame vastastikku (vt. joon. 116 — *2*) ja võlli võlliavva. Nüüd mähime ankrusüdamiku ümber korda kaks head sitket paberit. Seega kaitseme ankrusüdamiku ümber keritava isoleeritud traadi isolatsioonikihti vigastumast vastu teravaid metalliservi. Vigastatud isolatsioon tekitaks mähise ja ankru plekkide vahel lühise, mis muudaks mähise kõlbmatuks. Selliselt ettevalmistatud ankrusüdamikule kerime 0,2—0,4 mm läbimõõduga isoleeritud vasktraati — kummalegi poole võlli 100—200 keerdu. Kerida tuleb kogu aeg ühes suunas.

Kommutaatori *3* võime valmistada järgmiselt. Lõikame ajalehe servast 12 mm laiuse ja võimalikult pika pabeririba. Selle rullime atsetoonliimiga määrides tihedalt võllile silindrikeseks. Kommutaatorile kinnitame kaks 0,1 mm paksusest vaskplekist lamelli *4* (joon. 114). Kõige lihtsam on kinnitada lamelle atsetoonliimiga niisutatud niidiga sidudes. Lamellide külge joodame ankrumähise otsad. Joonisel 117 näeme ankrut koos kommutaatoriga.

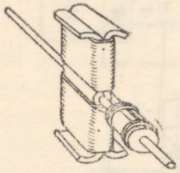
Harjad *8* valmistame 0,1—0,2 mm paksusest elastsest messingplekist.

Monteerime nüüd ankru alusele. Selleks kinnitame kõigepealt puidukruvidega ühe laagerplaadi. Jälgime hoolega, et ankur asuks mõlemast poolusest ühekaugusel ning et ta ei riivaks aluslauda. Ankur, samuti ka kommutaator, lasevad end võllil nihutada. Nihutades leiame neile õige

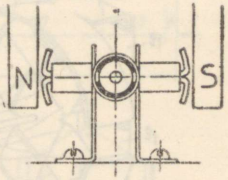
asukoha. Et ankur ja kommutaator alati oma asendi säilitaksid ja võlliga koos edasi-tagasi ei nihkuks, mähime võlli otstele 0,5 mm-lise läbimõõduga traadist „seibid" *12*. Edasi kinnitame kohale teise laagerplaadi ja harjad. Jälgime, et harjad kindlalt ja kergelt lamellidel libiseksid.

K o n t a k t k l e m m i d e *11* alla, milleks võivad väga hästi olla ka kahe mutriga kruvid, toome elektrijuhtmed harjade kinnituskruvide alt.

R i h m a r a t t a *7* valmistame vineerist või puitkettakesest ja kinnitame teljele, nagu seda on kirjeldatud § 48 toodud mootori puhul. Seega on ka meie alalisvoolumootor valmis. Ühendame patarei poolused kontaktklemmidega, anname ankrule sõrmega õiges suunas väikese tõuke ja mootor hakkab ladusalt pöörlema.



Joon. 117. Alalisvoolumasina ankur koos kommutaatoriga.



Joon. 118. Lamellide asend kommutaatoril.

Peaks mootor „tõrkuma", siis otsige viga järgmiselt. Kontrollige:

1) kas harjad kindlalt ja kergelt lamellidel libisevad;
2) kas lamellid asuvad kommutaatoril õigesti (joon. 118);
3) kas hõõrdumine laagrites pole liig suur;
4) kas ankrumähis on ankru metallkerest isoleeritud (asetades patarei ühe klemmi kommutaatori lamellile ja teisega puudutades ankru metallkeret, ei tohi tekkida sädet);
5) kas kõik elektrilised ühendused on korras: mähise otsad lamellidel kinni, kruvide alla keeratud traadiotsad isolatsioonist puhtad jne.

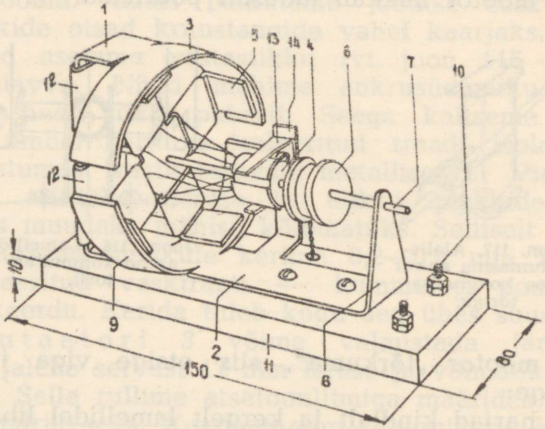
G e n e r a a t o r i n a kasutades ühendame selleks, et kindlaks teha voolu tekkimist, kontaktklemmid amper-

meetriga ja käitame masina rihmarattast. Kui ehitate generaatori käitamiseks mingi ülekandeseadme, võite saada kaunis tugevat voolu. Ülekandeseadmena võib kasutada ka induktsioonelektri masina suurt rihmaratast.

Tugevama voolu saamiseks tuleb kasutada mitut magnetit ja vastavalt suuremat ankrut keerdude arvuga kuni 500.

§ 62. Alalisvoolumootori ehitamine.

Järgnevalt valmistame alalisvoolumootori, mis samuti on iseehitamiseks väga sobiv. Seejuures ehitamiseks ei vajata ostetavat U-magnetit (hobuserauakujuline magnet)



Joon. 119. Alalisvoolumootor.

ega ka spetsiaalselt valmistatud elektromagnetit. Ometi on uue ehitatava mootori ehitus siiski lähedasem praktikas kasutatavate alalisvoolumootorite ehitusele ja seda põhjustel, et:

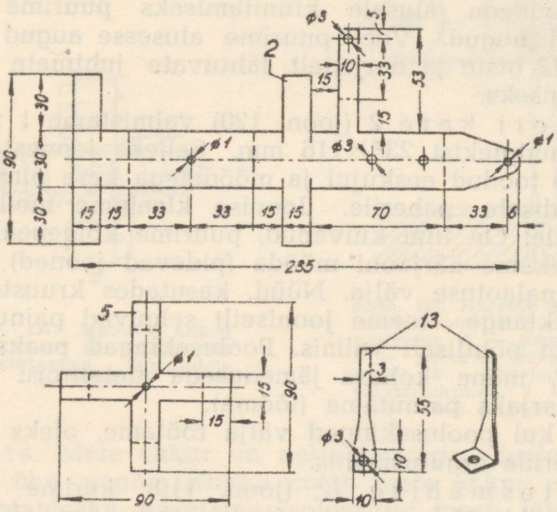
1) tema poolustel on ergutusmähis,

2) tema ankur on varustatud neljast poolist koosneva mähisega.

Seejärgi, kuidas ergutusmähis on vooluahelasse ühendatud, õpime tundma kahte mootorite rühma:

a) haruvoolumootorid,
b) peavoolumootorid.

Ehitamiseks vajatavad materjalid: *40 m isoleeritud traati läbimõõduga 0,2—0,35 mm, 1 mm paksust raudplekki, kaks kahe mutriga kruvi M 3×30, üks mutriga kruvi M 2×10, jalgrattakodar, kaks 10 mm pikkust puidukruvi, veidi 0,1—0,2 mm paksust vask- ja messingplekki, 10 mm paksust lauakest.*



Joon. 120. Alalisvoolumootori osi.

Mootori ehitus selgub jooniselt 119.

Kogu mootor on ehitatud põhiliselt kahest plekitükist 2 ja 5 (joon. 120): tükist *2* on painutatud mootori kere, tükist 5 aga on valmistatud ristikujuline ankur *5* (joon. 119). Kere osa *1* (joon. 119) on ergutusmähisega varustatud elektromagnetiks. Magneti pooluskingadeks on väljapainutatud kere osad *3* ja *9*. Ankrumähise otsad on joodetud kommutaatori *4* lamellide külge. Ankur, kommutaator ja rihmaratas *6* on liikumatult kinnitatud võllile 7. Võll toetub laagerpukile *8*. Teiseks laagerpukiks on

elektromagnet *1*. Nii ergutusmähise otsad kui ka harjad on juhtmetega aluslaua *11* alt ühendatud kontaktkruvidega *10*. Ühendades kontaktkruvid alalisvoolu allikaga, hakkab ankur pöörlema varemkirjeldatud elektromagnetilise jõu suunas.

Ehitamisel jälgime jooniseid 119 ja 120.

Aluslaua *1* (joon. 119) valmistame lauakesest 10×80×150 mm. Kontaktkruvide *10* ja mootorikere *2* puidukruvidega alusele kinnitamiseks puurime lauasse vajalikud augud. Veel puurime alusesse augud ergutusmähise *12* otste ja harjadelt lähtuvate juhtmete aluslaua alla viimiseks.

Mootori kere *2* (joon. 120) valmistame 1 mm paksusest raudplekist 235×116 mm. Selleks joonestame joonisel 120 toodud eeskujul ja mõõdetega kere pinnalaotuse *2* ruudulisele paberile. Joonise kleebime meil olevale plekitükile. On liim kuivanud, puurime kõigepealt augud. Edasi lõikame äärjooni mööda (pidevad jooned) mootorikere pinnalaotuse välja. Nüüd, kasutades kruustange või lamemokktange, teeme jooniseilt selguvad painutused ja kere ongi põhiliselt valmis. Poolusekingad peaksime, kui võimalik, mõne kohase jämedusega metalltoru või võlli otsas kaarjaks painutama (lööma).

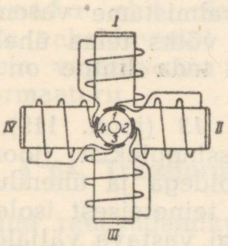
Enne, kui poolusekingad välja töötame, oleks soovitav peale kerida ergutusmähis.

Ergutusmähise *12* (joon. 119) kerime 0,2—0,35 mm-lise läbimõõduga isoleeritud vasktraadist. Kõigepealt katame mähise alla mineva staatori osa mõnekordse sitke paberiga. Edasi kerime ühele poole võlliava 200 keerdu ja mähist katkestamata samapalju keerdusid traati ka teisele poole võlliava. Elektripatareiga kontrollime, kas mähis kerega lühises pole (vt. eelmine §). Seega oleks ergutusmähis kohal.

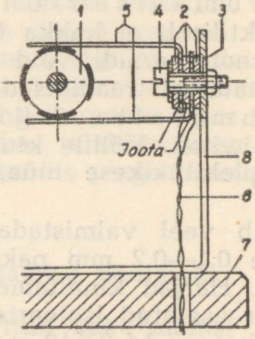
Võlli 7 (joon. 119) valmistame 110 mm pikkusest jalgrattakodara jupist.

Ankru *5* (joon. 119) valmistame 1 mm paksusest 90×90 mm raudplekist, lõigates sellest joonisel 120 antud mõõdete järgi välja risti. Tsentrisse puurime 1 mm-lise läbimõõduga ava võlli läbiviimiseks. Edasi painutame kõik risti otsad 15 mm pikkuselt ühes suunas täisnurk-

selt välja. Risti joodame võllile nii, et ta asuks täpselt poolusekingade vahel. Nüüd asetame ankru (risti) mootorisse ja jälgime, kuidas ta poolusekingade vahel pöörleb. Täpselt valmistatud osade puhul pöörlevad ankruotsad hästi poolusekingade lähedal, seejuures neid siiski riivamata.



Joon. 121. Mootori ankru mähkimine ja mähiseotste kommutaatori lamellidele kinnitamine.



Joon. 122. Harjade kinnitamine mootorile: *1* — kommutaator, *2* — pappseibid, *3* — paberist hülss, *4* — kruvi, *5* — harjad, *6* — elektrijuhtmed, *7* — alus, *8* — osa *14* joon. 119.

M ä h i s. Meie ankur on nelja haaraga. Igale haarale kerime ühe pooli. Kokku omab meie ankur niisiis neli pooli. Mähiseks kasutame isoleeritud traati läbimõõduga 0,2—0,35 mm. Keritava haara katame esmalt õhukese sitke paberiga, siis kerime sellele haarale teatud suunas 100 keerdu. Kerimist lõpetades puhastame traadiotsad eeskujulikult isolatsioonist. Samuti kerime ka teised haarad.

Järgnevalt valmistame k o m m u t a a t o r i *4* (joon. 119). Seda teeme samal viisil nagu alalisvoolumasina puhul, ainult selle vahega, et käesoleva mootori kommutaatorile kinnitame neli lamelli (iga pooli kohta ühe). Lamellid valmistame 0,1—0,2 mm paksusest vaskplekist.

On kommutaator korras, joodame ankrumähise poolide otsad lamellide külge. Seda teeme järgmiselt (joon. 121): pooli I alguse joodame tema juures olevale lamellile *1*,

sama pooli lõpu joodame aga lamellile *4*; pooli II alguse joodame lamellile 2, sama pooli lõpu aga lamellile *1*; pooli III alguse joodame lamellile *3*, sama pooli lõpu aga lamellile *2*; pooli IV alguse kinnitame lamellile *4*, pooli lõpu aga lamellile *3*. Seega, nagu näete, on meie mootori ankrumähis suletud. Kõigi alalisvoolumootorite ankrumähised on alati suletud.

Praktiliselt ei hakka teist keegi loomulikult jootma iga mähiseotsa eraldi, vaid joodab korraga mõlemad lamellile kinnitatavad traadiotsad.

Rihmaratta *6* (joon. 119) valmistame varemkirjeldatud viisil. Võllile kinnitamiseks võiks tema ühele küljele plekitükikese lüüa, mille abil teda lihtne on võllile joota.

Jääb veel valmistada harjad *13* (joon. 119). Need teeme 0,1—0,2 mm paksusest messingplekist (joon. 120 järgi). Harjad kinnitame paberseibidega ja ühenduskruvi ümber asetatud isoleertoruga neid teineteisest isoleerides, kruvikesega M 2×10 joon. 122 järgi vastava väljalõike *14* (joon. 119) külge kerel.

Kokkumonteerimise teostame joon. 119 järgi. Kinnitame mootori kere kahe puidukruviga aluslauale. Klemmkruvide *10* paigutamiseks aluslauale jätame aluslaua teise otsa enam ruumi. Et rootor kindlalt kohal püsiks (ankur poolusekingade vahel), mähime võllile 0,4—0,5 mm-lise läbimõõduga vasktraadist puksid *15*. Painutades laagripukki, asetame ankru kohale.

Elektrilised ühendused. Ergutusmähise otsad kinnitame klemmkruvide alla, samuti teeme juhtmetega, mis lähtuvad harjadelt. Seega oleme lülinud ergutusmähise ankruga paralleelselt ja meil on tegemist haruvoolu- ehk šuntmootoriga (joon. 123 *a*). Lülides aga ergutusmähise ankruga järjestikku, saame peavoolu- ehk seeriamootori (joon. 123 *b*). Kompaundmootorid (joon. 123 *c*) omavad kaht ergutusmähist, kusjuures üks on lülitud ankruga paralleelselt, teine järjestikku.

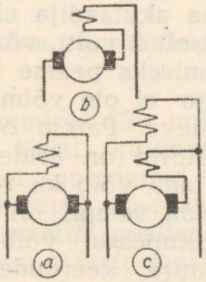
Seega on meie mootor ka valmis ja kellelegi ei valmista raskusi tema käimapanek sobiva vooluallika (taskulambipatarei) abil.

§ 63. Vahelduvvool ja transformaator.

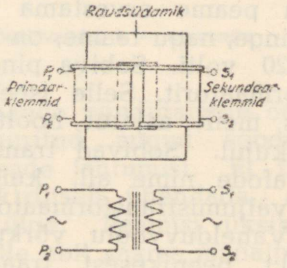
Vool, mis meie kodudes paneb põlema lambid ja mängima raadio, on *vahelduvvool*. Alalisvool, nagu teame, voolab pidevalt ühes suunas, vahelduvvool aga muudab perioodiliselt oma suunda. Tehnilise vahelduvvoolu puhul (elektrivõrk) voolab elekter sekundis vaheldumisi 50 korda ühes ja 50 korda teises suunas. Voolu sagedus on siis 50 perioodi sekundis ehk 50 hertsi (Hz). Vahelduvvoolu pinget saab muuta *transformaatori* ehk *trafo* abil. See on vahelduvvoolu suur eelis, mistõttu vahelduvvool leiab tehnikas laialdast kasutamist. Ka meie vajame oma seadmete juures pinge muutmiseks transformaatorit.

§ 64. Transformaatori töötamise põhimõte.

Suletud raudsüdamikule on keritud kaks mähist (joon. 124), primaar- ja sekundaarmähis. Kui juhtida läbi primaarmähise vahelduvvoolu, tekib trafo südamikus ajali-



Joon. 123. Alalisvoolumootorite rühmad: *a* — haruvoolumootor, *b* — peavoolumootor, *c* — kompaundmootor.



Joon. 124. Transformaator.

selt muutuv magnetväli. Selle magnetvälja jõujooned lõikavad sekundaarmähise keerde ja indutseerivad neis vahelduvpinge. Kui sekundaarmähis on suurema keerdude arvuga kui primaarmähis, siis on tema otstel ka kõrgem

pinge kui primaarmähise otstel. Vastavalt keerdude arvu valikule võime niisiis vahelduvvoolupinget soovikohaselt muuta. Mõlema mähise keerdude arvu suhe määrab ka pingete suhte nende mähiste otstel. Kui näiteks sekundaarmähise keerdude arv on 4 korda väiksem primaarmähise keerdude arvust, siis on ka sekundaarmähise pinge 4 korda madalam primaarmähise pingest.

Transformaatori raudsüdamik on valmistatud üksikutest raudplekkidest, mis on isoleeritud üksteisest paberi või lakiga. Massiivse raudsüdamiku puhul tekiksid rauas tugevad pöörisvoolud, mis asjata rauda kuumendaksid ja energiakadusid tekitaksid.

Esimese transformaatori ehitas vene elektrotehnik Ussagin.

§ 65. Akulaadija.

Elektrivõrgu pinge on tavaliselt 220 volti. Vastavalt sellele pingele on ehitatud meie valgustuslambid, elektritriikrauad jne. Madalamale pingele ehitatud elektriseadmeid ei tohi mingil tingimusel ühendada selle elektrivõrguga. Seade rikneb ja kaitsekorgid põlevad läbi.

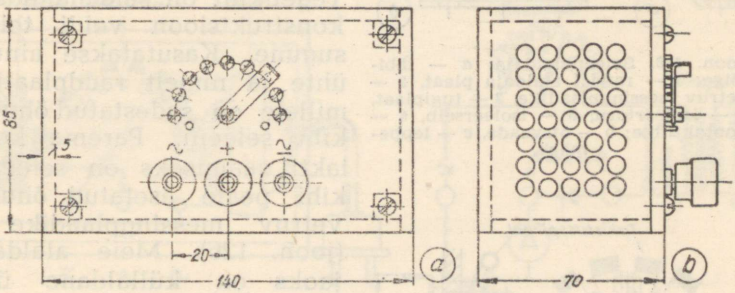
Seda peame arvestama ka oma akulaadija ehitamisel. Aku pinge, nagu teame, on keskmiselt 2 volti, võrgu pinge aga 220 volti. Sobiva pinge saamiseks peame kasutama transformaatorit. Selle iseehitamine ei ole võimatu, kuid nõuaks meilt asjatut hoolt ja vaeva. Parem ostame ta valmiskujul. Sobivad transformaatorid on ärides müügil kellatrafode nime all, kuid kasutada võib ka raadioaparaadi väljumistransformaatorit, mida samuti on võimalik osta. Vahelduvvoolu võrku (pistikupessa) võib lülitada ainult peenikesest traadist suure keerdude arvuga mähist. Jämedast traadist mähise otstelt saame madalpingelist vahelduvvoolu, mida peale alaldamist kasutame aku laadimiseks.

§ 66. Akulaadija ehitamine.

Materjalid: *transformaator pingete vahekorraga 220/6 V (kellatrafo või raadioaparaadi väljumistrafo),*

seleenalaldaja plaat (läbimõõt 45 mm), elektrikeetja takistusspiraal, 3 kontaktklemmi, 18 3-millimeetrilise läbimõõduga messingkruvi koos 36 mutriga, 1 võrgupistik koos juhtmega, 5 mm paksust vineeri, mõned puitliistud, vana taskulambipatarei kontaktklemm, veidi skeemitraati ja naelu.

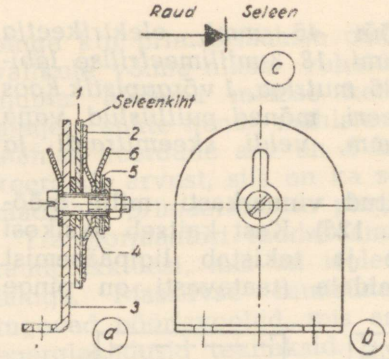
Laadimisseade on monteeritud vineerkasti, mille mõõted on 140×85×70 mm (joon. 125). Kast kaitseb üksikosi mehaaniliste vigastuste eest ja takistab ligipääsemist transformaatori primaarklemmidele (teatavasti on pinge



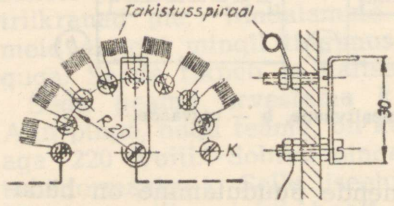
Joon. 125. Akulaadija: a — pealtvaade, b — otsvaade.

neil klemmidel 220 volti ja nende puudutamine on hädaohtlik). Kasti külgedele puuritud augud soodustavad töötamisel soojenenud üksikosade jahtumist. Et hõlpsam oleks üksikosi omavahel elektriliselt ühendada, on nad kõik kinnitatud pealisplaadi külge. Peamisi üksikosi on õieti kolm: transformaator, mille abil saame madalpingelist vahelduvvoolu, alaldaja, mis võimaldab seda vahelduvvoolu muuta alalisvooluks, ja reostaat — muudetava suurusega takistus — laadimisvoolu tugevuse reguleerimiseks.

S e l e e n a l a l d a j a (joon. 126). Vahelduvvoolu alaldamiseks kasutatakse mitmesuguseid alaldamisseadmeid. Meile on praegusel juhul kõige sobivam seleenalaldaja. On kindlaks tehtud, et teineteise vastu asetatud raud- ja seleenplaadi kokkupuutepind laseb voolu läbi ainult ühes



Joon. 126. Seleenalaldaja: *a* — läbilõige: *1* — rauast alaldaja plaat, *2* — vetruv messingplaadike, *3* — tugiplaat, *4* — isoleertoru, *5* — isoleerseib, *6* — kontaktlible; *b* — otsvaade, *c* — leppemärk.



Joon. 127. Akulaadija reostaat.

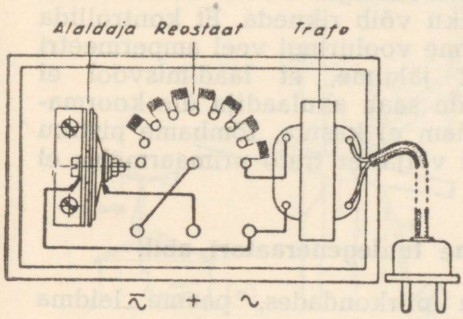
suunas, nimelt raualt seleenile. Teisesuunalistele vooludele moodustavad plaadid väga suure takistuse. Seliine plaatide paar, lülitatuna vahelduvvoolu ahelasse, võimaldab voolul voolata ainult ühes suunas.

Nii alaldatud voolu saame kasutada aku laadimiseks. Tegelikult on seleenalaldaja konstruktsioon veidi teistsugune. Kasutatakse ainult ühte ja nimelt raudplaati *1*, millele on sadestatud õhuke kiht seleeni. Parema kontakti saamiseks on seleenkihi peale asetatud õhuke vetruv messingplaadike *2* (joon. 126). Meie alaldaja jaoks on küllaldane üks 45 mm-lise läbimõõduga plaat.

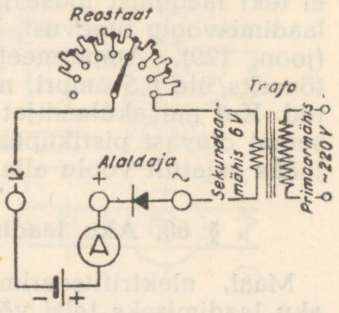
Alaldaja plaat on kinnitatud nurgiku *3* külge 4 mm-lise läbimõõduga kruvi ja mutriga. Et mitte tekitada lühist plaadi rauaja seleenipoolsete pindade vahel, on kruvile asetatud isoleertoru ja mutri ning vastava vaskplaadi vahele isoleerseib *5*. Ühendus teostatakse kontaktlible *6* abil.

R e o s t a a t (joon. 127). Reostaat koosneb lülitist ja reast takistitest, mida lüliti abil saame soovikohaselt vooluringi ühendada. Puurime pealisplaati 20 mm-lise raadiusega kaarele ühtlaste vahedega ($\approx$ 7 — 8 mm) üheksa auku. Nendesse aukudesse pistame 3 mm-lise läbimõõduga messingkruvid ja keerame mutritega altpoolt kinni. Samade mutrite vahele kinnitame üksikud traattakistid. Traattakistite valmistamiseks sobib hästi elektri-

keetja takistusspiraal. Paras tükk sellest spiraalist (umbes 75 keerdu) tuleb iga kümne keeru tagant 20 mm pikkuselt lahti venitada. Lahtivenitatud kohad painutame aasakujuliseks (kokku 6 aasa) ja kinnitame kontaktkruvide mutrite alla. Pärast seda venitame üksikud spiraalid veidi pikemaks, et keerud kokku ei puutuks. Viimane kontakt *K* jääb vabaks. Selles seisus on vooluring katkestatud. Kontaktkang, mis libiseb üle kontaktide ja võimaldab meil takistuse suurust reguleerida, on valmistatud vetruvast



Joon. 128. Akulaadija pealisplaadi tagantvaade.



Joon. 129. Akulaadija skeem.

messingplekist. Kogu reostaadi takistus peaks olema umbes 10 oomi (mõõtke takistusmõõtjaga). Elektrikeetja takistusspiraali puudumisel võib loomulikult kasutada muud takistustraati, mille ühe meetri takistus on umbes 10—20 oomi.

Pärast seadme kokkumonteerimist pealisplaadile teeme elektrilised ühendused jooniste 128 ja 129 järgi. Võrgujuhtme otsad joodame otse trafo primaarmähise (peenikesest traadist mähis) klemmide külge. Sekundaarmähise ühte juhtmesse on lülitud järjestikku alaldaja, teise — reostaat. Kolmas kontaktklemm pealisplaadil võimaldab meil kasutada trafo madalpingelist vahelduvvoolu (elektrimootor, elekterkõlisti).

Hoolega tuleb jälgida, et alaldaja oleks õigesti vooluringi lülitud, muidu ei tea meie, missugune kontaktidest on

pluss, missugune miinus. Aku laadimisel on see aga väga oluline. Kui me voltmeetri plussotsa ühendame plussklemmi ja miinusotsa miinusklemmi külge, siis peab hälve olema õigesuunaline. Vastassuunalise hälbe puhul on alaldaja valesti ühendatud.

§ 67. Aku laadimine.

Aku plussklemm tuleb ühendada laadija plussklemmiga, miinusklemm laadija miinusklemmiga. Teisiti ühendamisel ei teki laadimist üldse ja aku võib rikneda. Et kontrollida laadimisvoolu tugevust, lülime vooluringi veel ampermeetri (joon. 129). Ampermeetrilt jälgime, et laadimisvool ei tõuseks üle 0,5 ampri, muidu saab akulaadija üle koormatud. Kui me akulaadijat enam ei kasuta, tõmbame pistiku seinal olevast pistikupesast välja, et trafo primaarmähis ei jääks asjatult voolu alla.

§ 68. Aku laadimine tuulegeneraatori abil.

Maal, elektrifitseerimata piirkondades, peame leidma aku laadimiseks teisi võimalusi.

Tihti kasutatakse taludes elektervalgustuseks ja akude laadimiseks tuulegeneraatoreid. Need seadmed, mis tavaliselt omavad umbes 100-vatist võimsust, on meile iseehitamiseks liig suured ja kallid.

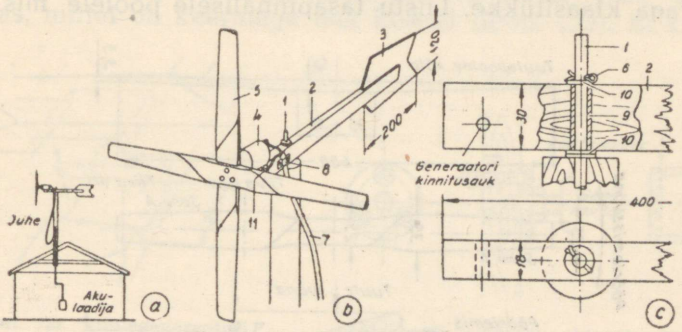
Õige väikese võimsusega tuulegeneraatori ehitamine on aga siiski võimalik. Igaüks meist on kindlasti juba varem meisterdanud mõne tuuleveski ja ta postile kinnitanud. Põhimõtteliselt jääb kõik samaks. Juurde tuleb kombineerida ainult elektrigeneraator, mida käitame tiiviku abil. Generaatoriks sobib hästi tavaline jalgrattageneraator. Muidugi peame üksikosade, eriti tiiviku valmistamisele panema suurt rõhku.

§ 69. Tuulegeneraatori ehitamine (joon. 130).

Materjalid: *jalgrattageneraator (6 volti, 2 vatti), 120 mm pikkune raudpolt läbimõõduga 6 mm, kruvi koos mutriga läbimõõduga 5 mm, 30 mm pikkune messingtoru*

läbimõõduga (sise- ja välisläbimõõt) 6/8 mm, 3 raudseibi läbimõõduga 7/15 mm, kahekordset kummiisolatsiooniga juhet tarviduse järgi, kaks juhtme kinnitusklambrit, kaks 12 mm pikkust puidukruvi, kolm 3 mm-lise läbimõõduga kruvi koos mutritega, kuivi oksteta kuusepuidust liiste, 5 mm paksust vineeri ja naelu.

Pika puitmasti otsa (joon. 130) on löödud jäme (läbimõõduga 6 mm) r a u d p o l t *1*, selle poldi otsa asetame r i s t -

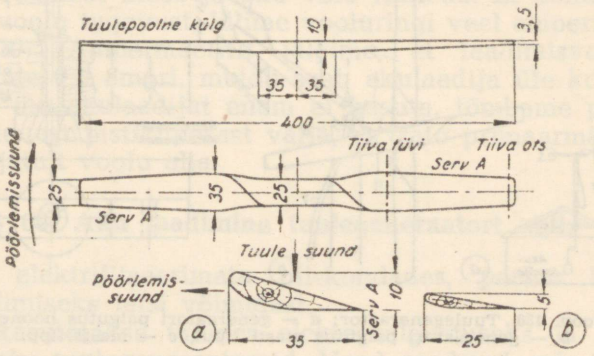


Joon. 130. Tuulegeneraator: *a* — generaatori paigutus hoonel, *b* — generaatori paigutus masti tipul, *c* — masti tipp.

l a t i *2* (18×30×400 mm) nii, et ta ümber poldi vabalt ringelda saaks. Ristlatti on poldi jaoks puuritud auk, mis hõõrdumise vähendamiseks on seest vooderdatud vasktorukesega *9*. Samal otstarbel on asetatud ka paar seibi *10* läbimõõduga 7/15 mm posti ja ristlati vahele. Ristlati ühte otsa on kinnitatud 5 mm-lise läbimõõduga kruvi abil g e n e r a a t o r *4* koos tiivikuga *5*, teise otsa vineerist t u u l e l i p p *3*. Tuulelipu ülesandeks on hoida tiivikut alati tuule suunas. Tema kinnitamiseks ristlati külge saeme viimasesse vineeripaksuse pilu, pistame tuulelipu sinna vahele ja lööme paari naelaga kinni. Augu puurime ristlatti alles siis, kui generaator tiivikuga ja tuulelipp on ristlati külge monteeritud, sest augu asukoha peame katseliselt määrama. Ta peab asuma nimelt täpselt seadme raskus- ja tasakaalupunktis. Et tuulehoog seadeldist mastilt maha ei

paiskaks, selleks on poldisse *1* lõhise *6* asetamiseks puuritud auk läbimõõduga 3 mm.

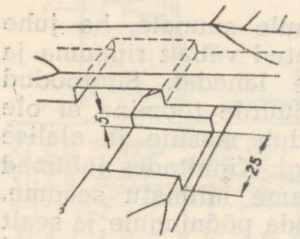
T i i v i k (joon. 131). Tiivik on neljatiivaline ja valmistatud kahest kuivast oksteta, võimalikult sirge kiuga kuusepuitliistust. Liistud olgu täpselt ühesuguste mõõdetega, nimelt 400×30×10 mm. Kui oleme märgistanud liistude keskkohad, hööveldame liistud joonise 134 järgi ühelt küljelt pool-libamisi otsa poole õhemaks. Höövli puudumisel võime kasutada teravat taskunuga, liivapaberit ja terava servaga klaasitükke. Liistu tasapinnalisele poolele, mis hil-



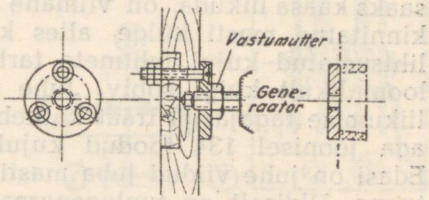
Joon. 131. Tuulegeneraatori tiivik: *a* — tiiva tüve profiil, *b* — tiiva otsa profiil.

jem jääb tiiviku tuulepoolseks küljeks, joonestame nüüd tiiva kuju. Et kõik neli tiiba osutuksid hiljem täpselt ühesuguseks, kasutame tiiva kuju joonestamiseks paberist šablooni (šablooni lõikamisel jälgige joonist). Kui tiivad on lõpuks saanud oma õige kuju, algab raskem töö. Tiivale tuleb anda ka õige profiil. Tiiva otsa ja tüve profiilid on antud joonisel. Tiiva tuulepoolne külg (tasapind) tuleb lõikuda kallakuliseks. Kallak on tüve juures suurem ja langeb aeglaselt tiiva otsa suunas. Tiiva tasapind tuleb töödelda liivapaberi ja viili abil ümaraks ja voolujooneliseks. Mida paremini ja täpsemalt on tiiva profiil (eriti tagumine külg) välja töötatud, seda paremaid tulemusi saavutame hiljem tuulegeneraatori rakendamisel. Kui tiib keskpunkti

kohalt üles riputada, peab ta jääma enam-vähem tasakaalu. Vastasel korral tuleb raskemat tiivaotsa niikaua viili ja liivapaberiga õhemaks hõõruda, kuni tasakaal on saavutatud. On tiivad lõpuks täielikult viimisteldud (serv *A* peab olema võimalikult terav) ja peene liivapaberiga siledaks hõõrutud, lõikame neile tapid (joon. 132) ja liimime nad puiduliimiga kokku. Ka see töö nõuab hoolt ja täpsust. Nüüd tekib küsimus, kuidas kinnitada tiivikut generaatori võllile? Keerame generaatori krobelise äärega rattakese võllilt lahti ja saeme ta servad maha nii, et järele jääb ainult ketas, millel on keermega auk keskel (joon. 133). Et ketast



Joon. 132. Tuulegeneraatori tiiviku tapp.



Joon. 133. Tiiviku kinnitamine generaatori võllile.

tiiviku külge kinnitada, puurime talle 3 auku 3 mm-lise läbimõõduga peitpeakruvide jaoks. Tiiviku tagaküljele, täpselt tsentrisse, puurime 5 mm-lise läbimõõduga augu (5 mm sügavaks). Selle augu kohale asetame varemvalmistatud ketta ja märgime kolme kinnitusaugu asukohad. Peale aukude puurimist kinnitame ketta kruvi ja mutriga tugevasti tiiviku külge. Tähtis on, et ketas asuks pärast kinnitamist täpselt tiiviku keskosas, muidu hakkab tiivik töötades loperdama. Kui tiivik on täielikult valmis, hõõrume ta libedaks mõne lakiga või värnitsaga. Libe pealispind kergendab tiiviku pöörlemist ja kaitseb niiskuse eest.

Tiiviku keerame generaatori võllile ja kinnitame ta sinna vastumutri abil. See mutter on tavaliselt generaatori võllil juba olemas. Tarvitseb seda ainult tugevasti vastu tiiviku seibi kinni keerata ja lahtipõrumise vältimiseks paari tilga lakiga kinnitada.

Ülejäänud osade kokkumonteerimine on juba kerge töö. Tuulelipu, ristlati ja masti võime igaüks oma maitse kohaselt ära värvida.

Tuulegeneraatori mast peab olema nii pikk, et generaator ulatuks üle majade katuste ja puude latvade. Masti võib kinnitada katusele sarikate (joon. 130 *a*), korstna, mõne kõrgema puu või posti külge.

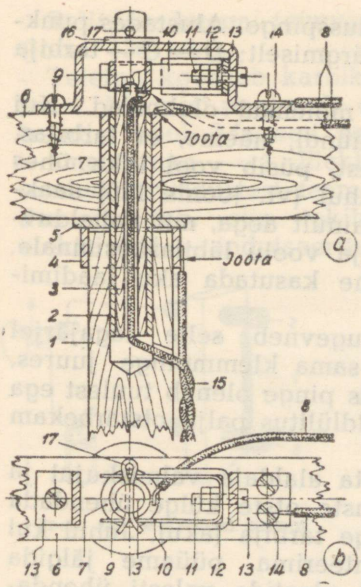
Generaatori klemmide külge on ühendatud kahekordne kummiga isoleeritud painduv juhe *7* (joon. 130 *b*), mille kinnitame klambriga *8* ristlati külge. Üheks klemmiks on generaatori kere, seepärast ühendame ühe juhtme kruvi *11* alla.

Et ristlati liikumisel, vastavalt tuule suunale, ka juhe saaks kaasa liikuda, on viimane asetatud vabalt rippuma ja kinnitatud masti külge alles katuse lähedal. Siintoodud lihtsustatud kujul juhtmete tarbija juurde toomine ei ole loomulikult kuigi sobiv. Juhe keerdub mastile ja alalise liikumise tagajärjel traat katkeb peagi. Kinnitades juhtmed aga joonisel 134 toodud kujul, saame laitmatu seadme. Edasi on juhe viidud juba masti mööda pööningule ja sealt tuppa. Üldiselt on tuulegeneraatori paigutamiseks sobivad lagedad, tuulerikkad kohad, kusjuures, nagu varem öeldud, generaator peab ulatuma üle kõikide tuult takistavate esemete.

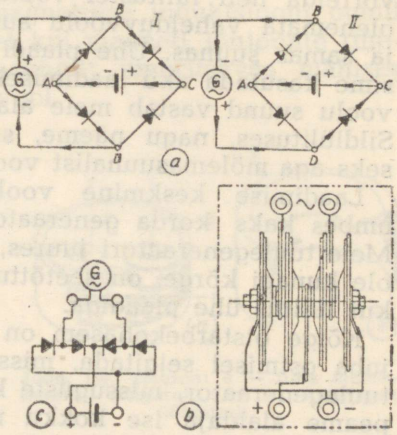
A l a l d a j a. Jalgrattageneraator annab vahelduvvoolu. Soovime saada aga alalisvoolu, peame voolu alaldama. Selleks kasutame jällegi seleenalaldajat, nagu eelmises peatükis. Nüüd vajame aga ühe plaadi asemele nelja plaati. Plaadid on ühendatud sildlülitusse (joon. 135 *a*). Selgitame veidi lähemalt selle lülituse põhimõtet.

Nagu skeemilt näete, moodustavad kõik neli alaldaja plaati järjestikku kokkuühendatult kinnise nelinurga. Nii on nad kujutatud ainult lülituse selguse mõttes, tegelikult asuvad plaadid muidugi ühisel isoleeritud poldil kõik reas (vt. joonis 135 *b*).

Töötamispõhimõttest paremaks arusaamiseks tähistame nelinurga tipud tähtedega *A*, *B*, *C* ja *D*. Tippude *B* ja *D* külge on ühendatud vahelduvvoolu generaatori (tuulegeneraatori) otsad, tippude *A* ja *C* külge tarbija, akumulaator. Nagu teame, voolab vahelduvvool perioodiliselt kord



Joon. 134. Tuulegeneraatori kontaktseadis: *a* — külgvaade, *b* — pealtvaade.
1 — puitmast, läbimõõduga 40 mm; *2* — paksuseinaline vasktoru pikkusega 100 mm ja läbimõõduga 20 mm; *3* — õõnsusega tugevast puidust parafineeritud punn; *4* — metallvõru; *5* — seib, *6* — põiklatt, millele on kinnitatud generaator, kontaktseadis, tiivik ja saba; *7* — vasktorust laager; *8* — generaatorist lähtuvad elektrijuhtmed



Joon. 135. Alaldaja: *a* — lülitusskeemid; *b* — montaažskeem; *c* — montaažskeemile vastav lülitusskeem.

(üks juhtme ots on kinnitatud puidukruvi *14* alla, teine joodetud laagrikesta *7* külge); *9* — kontaktvõru; *10* — messingplekist kontaktvedru; *11* — polt; *12* ja *13* — klamber; *14* — puidukruvid; *15* — elektrijuhtmed tarbijate juurde: üks juhtmeots on joodetud kontaktvõru *9* külge, teine aga metallvõru *4* külge; *16* — seib; *17* — lõhis.

ühes, kord teises suunas. Vaatleme mõlemaid olukordi eraldi.

O l u k o r d I. Valitsegu vaadeldaval momendil generaatori klemmidel punktis *B* plusspinge ning punktis *D* miinuspinge. Missuguse tee läbib seejuures vool alaldajas? Punktist *B* ta punkti *A* ei pääse, sest alaldaja plaat sellesuunalist voolu läbi ei lase. Küll aga pääseb ta punkti *C*, sealt läbi tarbija punkti *A* ja edasi läbi sobivalt asetatud alaldajaplaadi punkti *D*, s. o. generaatori miinusesse.

O l u k o r d II. Vastupidi eelmisele valitsegu nüüd punk-

tis *B* miinuspinge ja punktis *D* plusspinge. Alustades punktist *D*, läbib vool siis alaldaja järgmiselt: *D* — *C* — tarbija — *A* — *B*.

Joonisel 135 *a* on kujutatud mõlemad olukorrad. Kui võrrelda neil lülitustel voolu suundi, näeme, et tarbijas, olenemata vahelduvvoolu suunast, püsib vool ikka ühes ja samas suunas. Ühe plaadi puhul (vt. joonis 126) saaksime kasutada aku laadimiseks ainult aega, mil vahelduvvoolu suund vastab meie alaldaja voolu läbilaskesuunale. Sildlülituses, nagu näeme, saame kasutada aku laadimiseks aga mõlemasuunalist voolu.

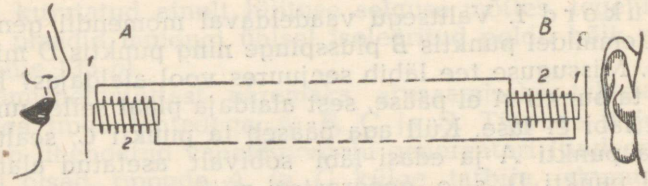
Laadimise keskmine vool tugevneb selle tagajärjel umbes kaks korda generaatori sama klemmpinge juures. Meie tuulegeneraatori juures, kus pinge oleneb tuulest ega ole kunagi kõrge, on seetõttu sildlülitus palju otstarbekam kui lülitus ühe plaadiga.

Kõige otstarbekohasem on osta alaldaja valmiskujul ja juba ostmisel selgitada, missuguste otste külge ühendada tuulegeneraator, missuguste külge tarbija (aku). Juhul kui peame alaldaja ise kokku monteerima, püüame jälgida hoolega skeemi ja joonist, sest plaatide valesti ühendamise puhul alaldaja lakkab töötamast.

Valmis alaldaja monteerime puitplaadile koos nelja klemmiga vastavalt tarbija ja generaatori juhtmetele.

§ 70. Telefon.

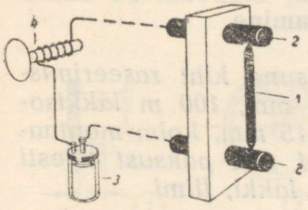
Tänapäeval kõikjal kaugekõnedeks kasutatava telefoni leiutas 1876. a. G. Bell. See ei sündinud, nagu sageli leiutiste puhul, juhuslikult, vaid süstemaatilise uurimise ja töö tulemusena.



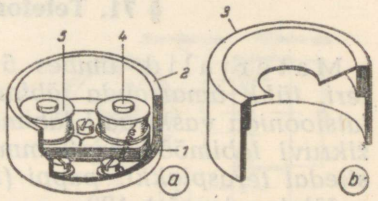
Joon. 136. Belli telefoniseade.

Belli seadmega toimus kaugekõnelemine kahe telefoni (joon. 136) abil.

Telefon koosneb karbikesest, millesse on asetatud magnet *2*. Magneti poolusele on keritud peenikesest isoleeritud traadist pool. Magneti ees aga asub õhuke terasplaadike — membraan — *1*. Elektromagnetilise induktsiooni puhul toodud kirjeldustest teame, et kui magneti jõujoonte tihedus muutub, siis tekib magnetit ümbritsevas mähises elektrivool — indutseeritud vool.



Joon. 137. Mikrofoni skeem.



Joon. 138. Telefon: *a* — ilma membraanita (lõigatud), *b* — karbikaas (lõigatud).

Rääkides telefoni ees punktis *A*, hakkab rääkimisel tekkiva õhulainetuse tõttu membraan *1* rääkimise taktis võnkuma, kord lähenedes, kord kaugenedes magnetist *2*, ja põhjustab seega magnetvälja tiheduse muutumist. Seetõttu indutseerub magnetit ümbritsevas mähises vahelduva tugevuse ja suunaga elektrivool. See vahelduvvool kandub juhtmeid mööda telefoni punktis *B*. Membraan hakkab siin täpselt kõne taktis võnkuma ja kõrv kuuleb punktis *A* räägitud kõnet. Et telefonis tekkiv indutseeritud vool on nõrk, siis juhtmete suure takistuse tõttu ei olnud kaugete maade taha võimalik kõnelda. Varsti aga leiutati mikrofon (joon. 137), mille abil osutus kaugekõne hoopis võimsamaks.

Mikrofon koosnes teritatud otstega süsipulgast *1*, mille otsad olid asetatud liikuvalt süsipulkadesse *2* puuritud süvistesse. Vooluringi oli veel lülitud galvaani element *3*. Kui mikrofoni ees kõnelda, hakkab süsipulgake *1* võnkuma, lastes läbi kord tugevamat, kord nõrgemat voolu. Tele-

foni *11* membraan hakkab seetõttu tugevalt võnkuma, andes edasi mikrofoni räägitud kõne.

Varsti võeti tarvitusele ka induktsioonpool, mille abil võimaldus veelgi kaugemale kõnelda. Kõiki neid põhiosi omab ka tänapäeva telefon. Telefoni üldkuju ja osad on aga viimistluse tõttu tublisti muutunud.

Järgnevalt on meie ülesandeks kirjeldada lihtsate vahenditega valmistatavat telefoni, mikrofoni ja telefoniaparaati.

§ 71. Telefoni valmistamine.

Materjalid: *umbes 5 mm paksune kiht raseerimisteri, tükk ümarrauda läbimõõduga 8 mm, 100 m lakkisolatsiooniga vasktraati läbimõõduga 0,15 mm, kolm montaažikruvi läbimõõduga 3 mm, 0,05—0,1 mm paksust täiesti siledat terasplekki, pappi (kartongi), lakki, liimi.*

Jälgige joonist 138.

Papist või kartongist valmistatud karbikese 2 põhja on kruviga kinnitatud raseerimisteradest magnet *1*. Magnetisse asetatud poltidel *4* on poolid 5. Karpi katab karbi servadele toetudes membraan. Karp on kaanetatud papist kaanega *3*.

Osade valmistamisel jälgida joonist 139.

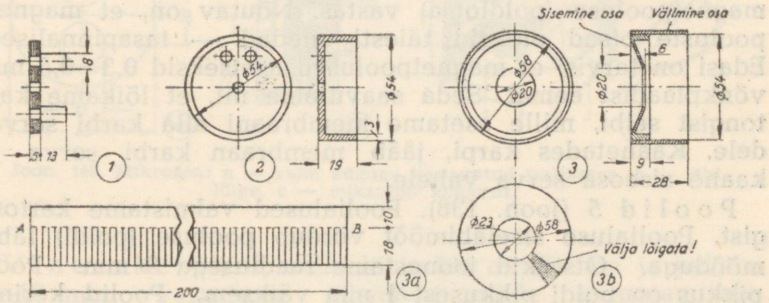
Magneti *1* valmistame hobuserauakujulise. Selleks teeme kõigepealt 8 mm-lise läbimõõduga raudpulgast kaks 19 mm pikkust polti. Poltide ühe otsa viilime 6 mm pikkuses järsult nii peeneks, et need raseerimisterade aukudest läbi mahuvad. On poldid valmis, asetame nad raseerimisterade paki otsmistest aukudest läbi. Pigistame terad tugevasti poltidele ja joodame poltide otsad teradepaki külge. Teradepaki magneedime §§ 6 või 8 kirjeldatud viisil.

Karbi 2 valmistame papist. Karbi läbimõõt on 52—54 mm ja sügavus pärast puhastamist 19 mm. Karbi seina paksus on 3 mm. Karbi valmistamiseks kasutame silindrilise puidutüki otsast lõigatud umbes 47 mm-lise läbimõõduga kettakest. Töötada on soovitav tselluloidliimiga. Karbi põhja varustame kolme auguga. Üks auk on põhja tsentris, seda kasutame magneti karpi kinnitamiseks. Teisi auke kasutame kruvide jaoks, millede alla mähise juhtme-

otsad kinnitame. Karbi peab valmistama väga hoolikalt, ta peab olema ühtlase sügavusega ja täiesti tasase servaga (serva saame ühtlaselt tasaseks liivapaberil hõõrudes).

Asetame nüüd magneti karpi ja kinnitame ta kruviga karbi põhjale.

K a r b i k a a n e *3*, mille valmistamine ei tohi vähem hoolikas olla, valmistame samuti papist. Esiteks valmistame karbiga täpselt võrdse läbimõõduga 10 mm sügavuse kaane siseosa. Seda teeme lõikejooniste *3a* ja *3b* järgi. Lõike *3a* mõõdete järgi lõikame papist (soovitav karton-



Joon. 139. Telefoni osi.

gist) välja ristküliku. Ristküliku laiema poole (alusest 18 mm kaugusele tõmmatud jooneni *AB)* lõikame ribadeks. Ribad tulevad joone järgi (joonlaua serval) teravalt välja painutada (murda). Lõike kleebime nüüd meil oleva puidust kettakese ümber toruks (ribad jäägu esialgu lahtisteks). Kuna karbi kaane sein peab olema 3 mm paks, siis lõikame kartongist 10 mm laiusi ribakesi ja kleebime neid saadud torule, kuni vastav seina paksus on saavutatud. On toruke valmis, vajutame tema lahtised ribad nii sisse, et tekib umbes 6 mm sügavune kooniline nõgu. Ühe lõike *3b* kleebime ribade alla ja teise peale. Nõo keskele peab jääma umbes 20 mm läbimõõduga ava. Kaane serva nühime liivapaberil täiesti siledaks. Pärast puhastamist peab olema kaane sügavus 9 mm. Asetame kaane karbile „serv serva vastu". Karbi servad peavad tihedalt sulguma. Et kaas

karbi peal püsiks, valmistame kaanele välisosa. Selleks lõikame papist 28 mm laiuse ja 200 mm pikkuse riba. Riba kleebime siseosa ümber toruks. Sellesse torusse peab väga tihedalt käima karp.

Membraani valmistame 0,05—0,2 mm paksusest terasplekist (küllalt õhukest kohase elastsusega plekki saab hädakorral võimalikult õhukesest saapakreemi karbi poolest). Membraan peab olema täiesti tasane ja paindumatu. Membraani läbimõõt on 52—54 mm.

Asetades membraani karbile, peab see täpselt katma karpi, liibuma karbi servadele ja olema ühtlaselt mõlema magnetpooluse (poldiotsa) vastas. Nõutav on, et magnetpooluste otsad oleksid täiesti siledad — tasapinnalised. Edasi on tarvis, et magnetpoolused asetseksid 0,3—0,5 mm võnkplaadist eemal. Seda saavutame nii, et lõikame kartongist seibi, mille asetame membraani alla karbi servadele. Kaanetades karpi, jääb membraan karbi serva ja kaane siseosa serva vahele.

Poolid 5 (joon. 138). Poolialused valmistame kartongist. Poolialuse siseläbimõõt võrdub pooluse (poldi) läbimõõduga. Otstükid joonestame raadiusega 9 mm. Pooli pikkus on poldi pikkusest 1 mm väiksem. Poolid kerime lakkisolatsiooniga 0,15 mm-lise läbimõõduga vasktraadist, kerides kummalegi poolile 50 meetrit traati. Valminud poolid asetame poolustele nii, et nende keerdude suunad oleksid vastupidised. Ühe pooli mähise alguse joodame kokku teise pooli mähise lõpuga. Lahtised otsad kinnitame karbi põhjas asuvate kruvide alla. Seega on telefon ka valmis. Nägususe mõttes värvime karbi nitroemailiga.

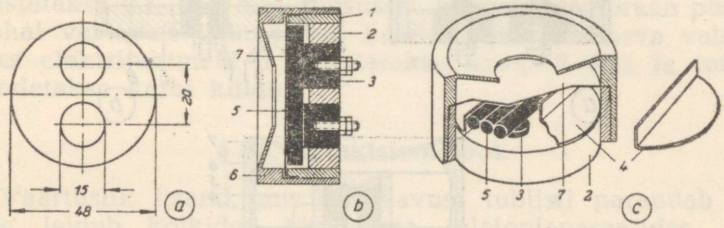
§ 72. Mikrofoni valmistamine.

Materjalid: *8—10 mm paksust vineeri, süsielektrood läbimõõduga 15 mm, kolm taskulambipatarei süsielektroodi, umbes 0,2 mm paksust plekki, õige õhukest kummit (õhupalli-kummi), õhukest pappi, kaks kahe mutriga kruvi läbimõõduga 3 mm.*

Jälgida joonist 140.

Mikrofoni kujundame pappkarbikesest *1*, mille põhjaks

on paks vineerketas 2. Kettasse on puuritud kaks auku. Nendesse aukudesse on asetatud süsielektroodist poldikesed 3, mis on varustatud peadeta kruvidega. Poldikeste otstel, nurgikute 4 vahel, asub vabalt kolm taskulambipatarei süsielektroodi 5. Karpi katab pingsalt õhukesest kummist membraan 7. Karp on suletud samasuguse kaanega 6, nagu seda telefoni ehitamisel kirjeldasime.



Joon. 140. Mikrofon: a — kahe auguga varustatud puitketas, b — läbilõige, c — mikrofon lõigatult.

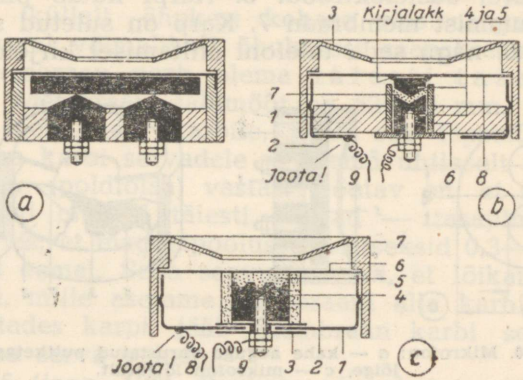
Vineerketta 2, mille läbimõõt on 47 mm ja paksus 8—10 mm, varustame süsielektroodide paigutamiseks kahe 15 mm-lise läbimõõduga auguga. Ketas moodustab karbi 1 põhja. Seinteks kleebime kettale torutaoliselt 17—19 mm laiuse ja 3 mm paksuse papikihi, et saaksime 9 mm sügavuse karbi. Karbi servad tasandame liivapaberil.

Kaane 6 valmistame telefonikarbi kaane valmistamiseks toodud kirjelduse järgi.

Süsipoldikesed 3 valmistame 15 mm-lise läbimõõduga süsielektroodist. Selleks lõikame süsielektroodi otsast kaks 13 mm pikkust tükki. Varustame nad 8—10 mm sügavuste aukudega 3 mm-lise läbimõõduga peata kruvikeste sissekeeramiseks. Kruvi omab kaht mutrit. Ühe mutri keerame kinni. Teise mutri alla keerame juhtme. Süsipoldikeste karpi ulatuvad otsad poleerime enne liivapaberil, siis klaasil või siledal metallil täiesti tasapinnalisteks ja läikivaiks. Valminud poldikesed surume poleeritud otstega ees tihedalt kettas olevaisse aukudesse. Seejuures peavad nende otsad 2 mm pikkuselt karpi ulatuma.

Süsipulgakesed 5 — arvult kolm — peavad vabalt

karpi mahtuma. Et nad oma kohal — süsipoldikeste 3 otstel — püsiksid, valmistame õhukesest plekist kaks nurgikut 4. Nurgikud süsipoldikestest isoleerime õhukese paberiribaga.



Joon 141. Kolm erisugusel viisil valmistatavat mikrofoni: *a* — katusekujuliselt teritatud süsipoltidega mikrofon läbilõikes, *b* — kahe vastastikku asetatud süsipulgaga mikrofon läbilõikes: *1* — puitketas, *2* — metallkarp, *3* — karbikaas, *4* ja *5* — süsipulgad, *6* — paberist võru, *7* — söepuru, *8* — plekist membraan, *9* — elektrijuhtmed; c — kaasajal kasutatavale telefoniaparaadi mikrofonile sarnanev mikrofon läbilõikes: *1* — metallkarp, *2* — süsipulk, *3* — paberseibid, *4* — viltvõru, *5* — söepuru, *6* — membraan, *7* — kaas, *8* — elektrijuhtmed, *9* — kruvi.

Membraan, mis on pingutatud üle karbi süsipulkadele, peab pulgakesi kogu pikkuses parajasti puudutama. Pingutatud membraani katame kaanega. Seejuures jäävad kummiservad karbipoolte vahele ja membraan säilitab oma pingsuse.

Muide, noored ehitajad, olge teadlikud, et hea mikrofoni valmistamine on üks raskemaid ülesandeid ja sageli saadakse tulemusi alles visa katsetamisega. Joonisel 141 *b* leiate ühe iseehitamiseks sobivaid mikrofone. Samal joonisel 141 *c* on mikrofon, mis sarnaneb kõikjal telefoniaparaatides kasutatavaile mikrofonidele. Tema ehitamiseks on

kasutatud 50—70 mm läbimõõduga ja 20—30 mm sügavusega metalset kreemikarpi. Karbi alumisele poolele *1* kinnitatakse võimalikult jäme (läbim. 15—30 mm) 10 mm kõrgune kooniliste pesadega varustatud süsipulk *2*. Pesad puuritakse süsipulka 3—5 mm-lise spiraalpuuriga. Süsipulk isoleeritakse paberseibidega *3* karbipoolest. Süsipulk ümbritsetakse vildist (paberist) võruga *4*. Ruum süsipulgal täidetakse peaaegu ääreni söepuruga *5*. Membraan *6* valmistatakse 0,1—0,3 mm paksusest plekist. Membraan püsib kohal vastavalt valmistatud kaane *7* ja karbiserva vahel. Üks elektrijuhtmeid *8* kinnitatakse kruvi *9* alla ja teine joodetakse karbi külge.

§ 73. Induktsioonpool.

Väärtuslik lisand, mis kuuldavust tublisti parandab ja mis leidub kõikides tänapäeva telefoniaparaatides, on induktsioonpool. Induktsioonpooli ülesandeks on eraldada mikrofoni läbivast patarei voolust vahelduv kõnevool ja tõsta viimase pinget. Seega on ta tavaline trafo, millel on kaks mähist: jämedamast isoleeritud traadist keritud mõnekümnekeeruline primaarmähis ja suure keerdude arvuga peenikesest isoleeritud traadist sekundaarmähis.

§ 74. Induktsioonpooli valmistamine.

Materjalid: *200 m lakkisolatsiooniga vasktraati läbimõõduga 0,15 mm, 11 m isoleeritud traati läbimõõduga 0,5 mm, pehmet raudtraati läbimõõduga 0,5—1 mm, lakki, kartongi.*

Poolialuse valmistame tavalisel viisil kartongist ava läbimõõduga 13 mm ja üldläbimõõduga 40 mm. Pooli pikkus on 60 mm.

Esimesena kerime poolile kogu 0,5 mm-lise läbimõõduga isoleertraadi. Traadiotsad toome ühele poolialuse otspinnale välja. See on primaarmähis.

Asetades vahele lehe õhukest paberit, kerime samale poolile ka kõik 200 m 0,15 mm-lise läbimõõduga isoleeritud traati. Mähise otsad toome samuti ühele pooli aluse otstükile. See on sekundaarmähis.

Induktsioonpooli ava täidame 60 mm pikkuste pehmest raudtraadist lõigatud traaditükkidega. Traaditükikesed peavad olema hästi sirged ja ava tuleb nendega tihedalt täita. Enne traadikeste avasse asetamist katame nad mõne lakiga (nitrolakk).

§ 75. Üksikosade proovimine.

A. Telefoni proovimine.

1. Kas telefonimähises indutseerub elektrivool?

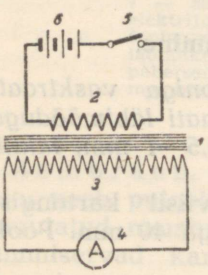
Selle kontrollimiseks ühendame telefonikontaktid galvanoskoobi või ampermeetri mA-kontaktidega. Telefonis kõneldes peaks aparaadi osuti veidi liikuma. Osuti liikumine on hästi nähtav, kui poolustele lähendada-eemaldada raudeset. Ei ole osuti liikumist märgata, tuleb kontrollida:

kas poolid on paigutatud õigesti poolustele ja

kas ühendused on head ja korras.

2. Kas telefon on kasutamiskõlblik?

Seda on kõige kindlam proovida mõne teise korralikult töötava telefoniga (raadio peatelefon). Selleks ühendame ehitatud telefoni ja raadio peatelefoni joonise 136 järgi. Kõneldes raadio peatelefonisse ja vastupidi, peab kuulma kas enda või oma sõbra häält, kellega koos katsetate. Ei ole häält kuulda, kontrollige:



Joon. 142. Telefoni induktsioonpooli proovimine. *1* — raudtraatidest südamik, *2* — primaarmähis, *3* — sekundaarmähis, *4* — ampermeeter, *5* — lüliti, *6* — elektripatarei.

kas võnkeplaat on mõlemast poolusest ühtlaselt ühekaugusel,

kas plaadi ja pooluste vahe ei ole mitte liig suur,

kas pooluste otsad on hästi tasased,

kas poolid on paigutatud poolustele õigesti ja

kas mähise otsad on hästi isolatsioonist puhastatud ning korralikult mutrite alla keeratud.

B. Mikrofoni proovimine.

Proovimiseks asetame mikrofoni järjestikku telefoni ja elemendiga (joon. 137). Rääkides mikrofoni (suu hoida karbikaanes olevale avale õige lähedal),

kuuleme oma häält telefonis. Hea on korraldada proovi sõbra kaasabil, ja nii, et telefon ja mikrofon asuvad eri ruumis. Mikrofoni tundlikkust parandame süsikontaktide (-poltide) nihutamisega karbis. Tundlikkuse tõstmiseks võib süsipoldikeste otsad lõpuks katusekujulisteks viilida (joon. 141 *a*).

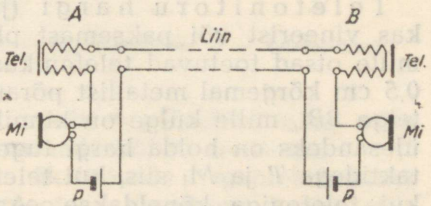
C. Induktsioonpooli proovimine.

Proovimiseks ühendame induktsioonpooli primaarmähise otsad vooluallika poolustega. Sekundaarmähise otsad ühendame aga ampermeetri mA-kontaktidega (joon. 142). Katkestades või ühendades voolu, peab ampermeetri osuti liikuma.

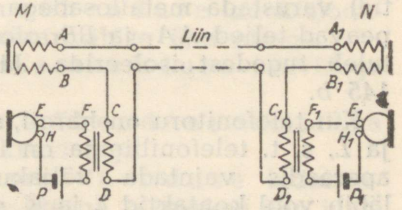
§ 76. Telefoniseade.

Eespoolvalmistatud osad: telefon, mikrofon ja induktsioonpool moodustavad ühe poole kogu kaugekõne-seadme põhiosadest. Et oleks aga võimalik pidada telefonikõnesid vastamisi, tuleks valmistada veel üks telefon, mikrofon ja induktsioonpool.

Nagu juba märgitud, võib muidugi kõnelda ka kahe telefoniga (vt. joon. 136), võib kõnelda ka ilma induktsioonpoolita (joon. 143), kuid eeskujulikus kõneseadmes vajame siiski kõiki eespoolmainitud osi. Nende osade abil kujuneb seadme skeem järgmiseks (joon. 144): telefoni *M* mähise ots *A* on ühendatud otse ühe liinijuhtmega ja samasuguse otsaga A_1 telefonis *N*. Mähise ots *B* on ühendatud induktsioonpooli sekundaarmähise otsaga *C*. Teine sama mähise ots *D* on ühendatud jälle teise liinijuhtme ja samasuguse mähiseotsaga D_1 telefonis *N*.



Joon. 143. Telefoniseadme skeem ilma induktsioonpoolita.



Joon. 144. Täieliku telefoniseadme skeem.

Edasi, induktsioonpooli primaarmähise ots *F* on ühendatud mikrofoni ühe kontaktkruvi *E* alla. Primaarmähise teine ots on ühendatud aga elektripatarei *P* ühe poolusega. Patarei teine poolus on ühendatud mikrofoni teise kontaktkruvi *H* alla. Samasuguselt on tehtud ühendused telefonis *N*.

§ 77. Telefoniaparaat.

Paigutades kõik kaugekõne-seadme osad kasti, saame telefoniaparaadi. Praegu kasutatakse laua- või seinatelefone. Nad kõik omavad peale juba mainitud osade veel väljakutseseadet — elekterkõlistit.

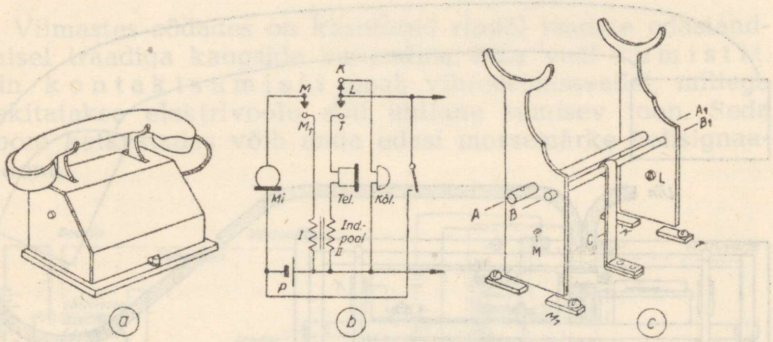
Kasti, mille põhja suurus on 200×120 mm, mahuvad kõik vajalikud osad. Kast võiks olla joonisel 145 *a* näidatud kujuga. Kasti külgtükkidesse toetuvad hargi telje otsad. Pealis- ja esitükk eralduvad kaanena. Kasti esiserval asub kõlisti nupp. Kasti selgtükis olevast avast saabuksid ühendused telefonist-mikrofonist ja väljuksid ühendused telefoniliini.

Telefonitoru hargi (joon. 145 *c*) võib valmistada kas vineerist või paksemast plekist. Ta omab telge AA_1, mille otsad toetuvad telefonikasti külgedesse, hoides harki 0,5 cm kõrgemal metallist põrandakontaktidest *T*, *K*, M_1 ja telge BB_1, mille külge on kinnitatud kummivedru *c*. Vedru ülesandeks on hoida hargi tugesid *L* ja *M* ühenduses kontaktidega *T* ja M_1 siis, kui telefon hargilt eemaldatakse — kui telefoniga kõneldakse. Asetatakse aga toru hargile, siis toru raskuse tõttu katkestatakse eelmine ühendus, sisse lülitakse aga ühendus kontaktiga *K*, s. o. kõlistiga. Kui hargi toed on vineerist, siis tuleb nende otsad (kontaktid) varustada metallosadega. On hargi toed metallist, siis peavad teljed AA_1 ja BB_1 olema isoleermaterjalist või neid tuleb tugedest isoleerida. Jälgime nüüd skeemi jooniselt 145 *b*.

Kui telefonitoru on hargil, siis on ühendatud kontaktid *K* ja *L*, s. t. telefoniliiniga on ühendatud kõlisti. Kui vastasaparaadis vajutada väljakutseseadme katkesti nupule, läbib vool kontaktid *L* ja *K*, see tähendab, et läheb katkestamatult liinist kõlistisse ja saabub katkestamatult tagasi

vastasaparaati — meie väljakutsekell heliseb. Me võtame telefonitoru hargilt. Nüüd ühenduvad kontaktid *L* ja *T*, seega liinijuhtme vool tuleb otse telefonisse ja me kuuleme vastasaparaadi mikrofonisse räägitud kõnet. Ka kontaktid *M* ja M_1 on ühendatud, seega on suletud ka mikrofoni vooluring ja mikrofon on kõnelemiseks valmis.

Kui me tahame vastasjaama välja kutsuda, siis võtame kõigepealt kõnetoru hargilt. Edasi vajutame katkestile,



Joon. 145. *a* — telefoniaparaat, *b* — montaažskeem, *c* — telefonihark.

seega lülitame oma patarei voolu telefoniliini ning selle voolu tõttu hakkab vastasaparaadi kõlisti helisema.

Montaažskeemi vajame üksikosade monteerimiseks kasti (joon. 146). Kõik juhtmeotsad kinnitame kastis asuvate kruvide *1*, *2*, *3*, ... alla.

Kruvi *1* alla kinnitame ühenduse telefonihargi toega *M* ja mikrofoniga.

Kruvi *2* alla kinnitame ühenduse induktsioonpooli primaarmähise ja sekundaarmähise ühe otsaga.

Kruvi *3* alla kinnitame ühenduse kruvidega *2* ja *4* ning ühe liinijuhtme.

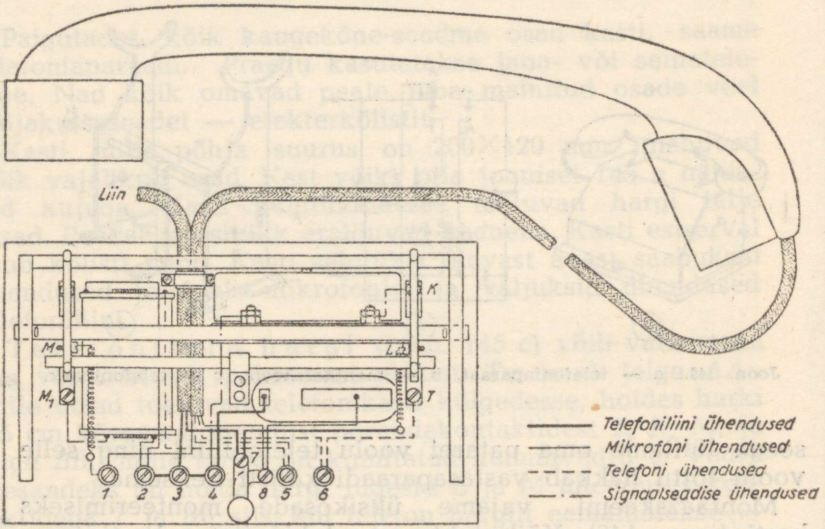
Kruvi *4* alla kinnitame ühenduse vooluallika ühe poolusega, kõlistiga ning kruvi *3*-ga.

Kruvi *5* alla kinnitame ühenduse induktsioonpooli sekundaarmähise teise otsaga ja telefoni ühe juhtmega.

Kruvi *6* alla kinnitame ühenduse kontaktiga *T* ja telefoni teise juhtmega.

Veel leiame montaažskeemilt kruvi *7* ja *8*. Nendega on kinnitatud alusele väljakutseseadme katkesti kontaktid. Nende kruvide alla on kinnitatud ka veel järgmised juhtmed:

Kruvi *7* alla kinnitame juhtme telefoniliiniga ja telefoni hargi toese *L*-ga.



Joon. 146. Telefoniaparaadi montaažjoonis.

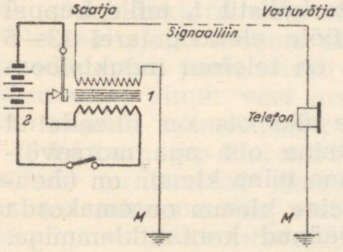
Kruvi *8* alla kinnitame juhtme mikrofoniga ja taskulambipatarei teise poolusega.

Telefoni hargi põrandakontaktid (M_1, *T*, *K*) kujutavad endast metalltükikesi, mis on väikeste kruvikestega kinnitatud kastipõhjale. Nende kruvikeste alla tuleksid juhtmed kohe kinnitada. M_1-ga on ühendatud induktsioonpooli primaarmähise teine ots ja *K*-ga on ühendatud üks kõlisti kontaktkruvi. Hargi toele *M* on kinnitatud juhe mikrofonist.

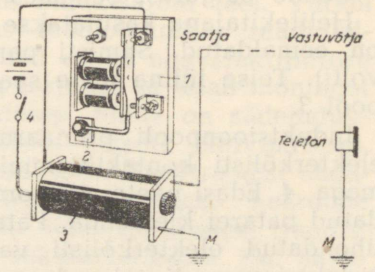
Telefon-mikrofon tuleb ühendada käepidemega. Käepideme võib välja töötada puidust, lõigata pikuti pooleks, valmistada pooltesse süvendid juhtmete jaoks, paigutada juhtmed kohale ja siis liimida või kruvida lõpuks kogu käepide sobivalt kokku mikrofoni ja telefoniga.

§ 78. Sumisti.

Viimastes sõdades on kasutatud rindel teadete edasiandmisel traadiga kaugside vahendina ikka veel s u m i s t i t. Nn. k o n t a k t s u m i s t i omab vibreerimisseadet, millega tekitatakse elektrivoolu abil ühtlane sumisev toon. Seda tooni katkestades võib anda edasi morsemärke helisignaalidena.



Joon. 147. Sumisti skeem.



Joon. 148. Sumisti.

Skeemilt joonisel 147 selgub sumistiga töötava saate- ja vastuvõtuseadme põhimõte.

S a a t j a helitekitajaks on väike induktor *1*. Induktori primaarmähis on ühendatud alalisvoolu allikaga *2*, mille pinge on 3—5 volti. Sekundaarmähise üks ots on maandatud, kuna teine on ühendatud signaalliiniga.

V a s t u v õ t j a na on kasutatav peatelefon.

Peatelefoni üks induktsioonpooli mähiseotsi on ühendatud signaalliiniga, teine on maandatud.

Viimasel ajal kasutatakse sagedamini lampsumisteid, kuna need on võimsamad ja omavad paremaid tooniomadusi.

Te olete sageli raadiost kuulnud korrapärast ühtlase tooniga katkendlikku heli. See on teie raadiovastuvõtja poolt kinni püütud traadita saateaparaadi morse-helitelegramm. Üksi sellest juba mõistate, et tänapäeva sidetehnikas kasutatakse veel ulatuslikult morse helisignaale signaalimiseks. Järelikult, ka teil on kasulik selle signaalimisviisiga tutvuda ja seda isegi ära õppida. Kuna teil morsemärgid juba teada on, siis jääb üle vaid veel lihtsa sumisti ehitamine.

Meie ehitame (õieti koostame) sumisti juba olemasolevaist varemvalmistatud üksikosadest.

§ 79. Sumisti ehitamine.

Materjalid: *elekterkõlisti, elektripatarei, induktsioonpool* (vt. § 73), *telefon, morsevõti, juhtmeid, puitliistuke.*

Osade paigutust seadmes näeme jooniselt 148.

Helitekitajana kasutatakse elekterkõlistit *1*, mille kuppel on eemaldatud. Sumisti paneb tööle elektripatarei (3—5 volti). Teise lülina meie seadmes on telefoni induktsioonpool *3*.

Induktsioonpooli primaarmähise üks ots on ühendatud elekterkõlisti kontaktklemmiga, teine ots aga morsevõtmega *4*. Edasi näete, et morsevõtme teine klemm on ühendatud patarei klemmiga. Patarei teine klemm on omakorda ühendatud elekterkõlisti vabaksjäänud kontaktklemmiga. Induktsioonpooli sekundaarmähise üks ots on maandatud, teine ots on aga signaalliini kaudu otseühenduses vastuvõtjaga — telefoniga. Telefonipooli teine ots on, nagu näeme, maandatud. Selliselt toimub side ainult ühe juhtme abil. Teiseks juhtmeks on maa. Maandused olgu seepärast tehtud hästi. Kui eeldada, et maandusi ei tehta eeskujulikult, siis on parem kasutada juba kaht juhet.

Vajutades morsevõtmele, suleme vooluringi ja kõlisti tekitab põrina. Ühtlasi indutseeritakse induktsioonpoolis kõrgepingeline elektrivool. Kõlistiga tekitatud toon saab kuuldavaks vastuvõtjas — telefonis.

See toon on ebameeldiv põrin. Lükkame aga kõlisti haamrinupu alla paraja puitliistu, vineeritüki, papitüki või midagi muud, lakkab põrin silmapilkselt. Katsetame

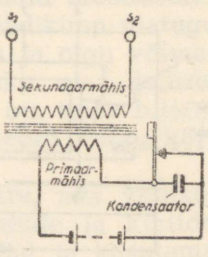
ja sobitame hoolikalt ning kannatlikult oma häälestamisseadet ja me saavutame lõpuks kaunis kõrge, küllalt tugeva ja meeldiva tooni, mis ehtsa kontaktsumisti tooni võib isegi ületada. Olles sumisti häälestanud, kinnitame liistukese püsivalt kohase abinõuga (naelake, kruvike, liim) ja meie sumisti ongi saateks valmis. Morseaparaadi ehitamisel omandatud kogemuste najal ei tee kellelegi raskusi kahepoolse signaalseadme ehitamine.

Järgnevalt võime osad ehitada võimalikult väiksesse kastikesse. Kastist jätaksime välja vaid morsevõtme ja vooluallika.

§ 80. Sädeinduktor.

Sädeinduktori ülesandeks, nagu nimigi ütleb, on tugevate elektrisädemete tekitamine induktsiooni teel. Varem oli sädeinduktoril suur tähtsus raadiotehnikas raadiolainete tekitajana sädeme abil, nüüd on ta aga elektrontoru (raadiolambi) poolt täiesti välja tõrjutud ja leiab mõningat kasutamist ainult veel arstiteaduses. Meile on sädeinduktor vajalik mitmesuguste efektsete katsete läbiviimiseks.

Töötamispõhimõte (joon. 149). Raudtraadist südamikule on keritud jämedast traadist väikese keerdude arvuga primaarmähis, selle peale õige peenikesest traadist ja väga suure keerdude arvuga sekundaarmähis. Kui ühendame primaarmähise vooluallikaga, teame, et sekundaarmähises tekib elektromagnetilise induktsiooni tõttu ühendamise ja katkestamise hetkedel sekundaarne elektromotoorne jõud. Viimane on seda suurem, mida rohkem keerde omab sekundaarmähis ja mida kiiremini ühendame ning katkestame voolu. Voolu katkestamine ja taasühendamine toimub automaatselt nagu elekterkõlistilgi nn. vagneri haamri põhimõttel. Katkestamise sagedus on kiire, 30 kuni 40 korda sekundis. Seetõttu kujuneb pinge sekundaarmähise klemmidel nii kõrgeks (kümneid tuhandeid volte), et klemmide alla ühendatud varraste teravate otste vahel

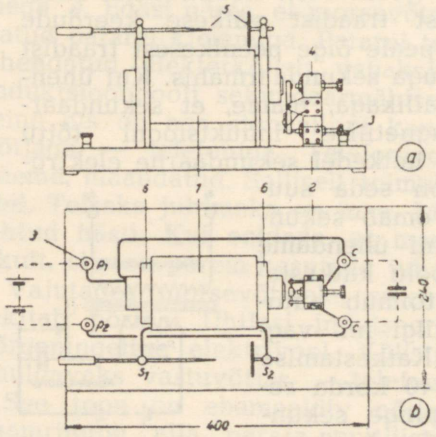


Joon. 149. Sädeinduktori lülitusskeem.

tekivad pikad elektrisädemed. Sädeinduktor, mille ehitamisele varsti asume, tekitab kuni 10 sentimeetri pikkuseid sädemeid. Nagu näete, on see üsna võimas aparaat. Käitamiseks vajab ta akumulaatoreid (2—8 volti) või madalpingelist võrguvoolu.

§ 81. Sädeinduktori ehitamine (joon. 150).

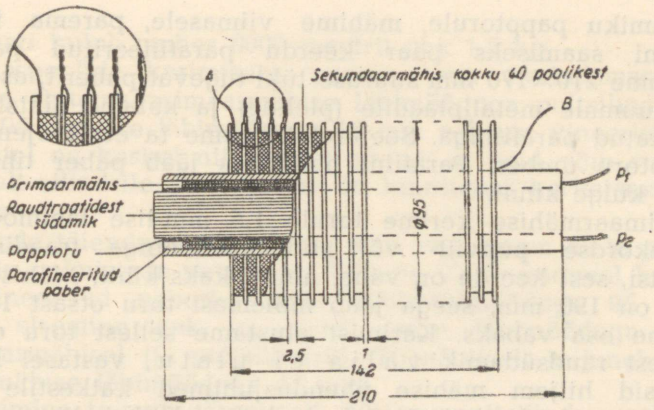
Materjalid: *600 g pehmet 0,5 mm-lise läbimõõduga raudtraati, 500 g kahekordse siid- või puuvillisolatsiooniga 1,5 mm-lise läbimõõduga vasktraati, 1500 g kahekordse siidisolatsiooniga 0,15 mm-lise läbimõõduga vasktraati, tükk 2 mm paksust messing- või raudplekki, tükk rauda 6×12×70 mm, tükk 4 mm-lise läbimõõduga raudvarrast, kaks 60 mm pikkust 5 mm-lise läbimõõduga kruvi koos mutritega, 16 ümarpeaga 10 mm pikkust puidukruvi, tükk kellavedru, 4 kontaktklemmi, plokk-kondensaatoreid proovipingega 1500 V, mahtuvusega 0,1 ja 0,05 ja 0,025 mikrofaradit, 2 spetsiaalklemmi, tükk klaastoru või eboniitpulka, 4 rullisolaatorit koos puidukruvidega, puidust alusplaat, puitliiste, pappi, kartongi, paberit, parafiini ja lakki, kuus 10 mm pikkust peitpeaga puidukruvi, neli 40 mm pikkust puidukruvi.*



Joon. 150. Sädeinduktor: *a* — külgvaade, *b* — pealtvaade.

Pool *1* (joon. 150) koosneb raudtraatidest poolisüdamikust ning sellele keritud primaar- ja sekundaarmähisest (joon. 151).

Kahjulikkude pööris-voolude vältimiseks on raudsüdamik valmistatud üksikutest 210 mm pikkustest 0,5—0,6 mm jämedustest raudtraatidest, kogukaaluga umbes 600 grammi.



Joon. 151. Sädeinduktori pool.

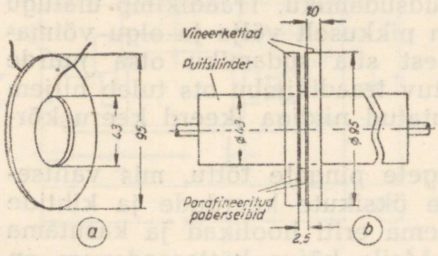
Peale traadi sirgeksvenitamist ja tükkidekslõikamist peame üksikute traaditükkide pealispinna isoleerima. Selleks valame katseklaasi vedelamat šellakit (või nitrolakki), pistame traadid sinna sisse ja katame nad niiviisi õhukese lakikihiga. Traadid laseme pärast seda seina najal täielikult kuivada. Vahepeal valmistame raudsüdamiku jaoks papptoru. Võtame 210 mm laiuse pabeririba, katame ühe külje lakiga ja keerame 25 mm-lise läbimõõduga puitpulga ümber. Pulgale kerime niipalju keerde, et toru seina paksus oleks umbes 1,5 mm. Kui toru on küllalt kuiv, tõmbame ta pulgalt maha ja täidame vahepeal kuivanud raudtraatidega võimalikult tihedasti, nii et traadid moodustaksid nagu ühe massiivse raudsüdamiku. Traadikimp ulatugu ühest toru otsast paari mm pikkuselt välja ja olgu võimalikult tasaseks viilitud, sest siia südamiku otsa juurde asetame katkesti. Väljaulatuv traadikimbu ots tuleb hiljem ümber siduda lakiga immutatud niidiga (keerd keeru kõrvale) ja lasta kuivada.

P r i m a a r m ä h i s. Kõrgete pingete tõttu, mis valitsevad töötamise ajal mähise üksikute keerdude ja kihtide vahel, peame kerimisel olema eriti hoolikad ja kasutama häid isoleerimismaterjale. Meile kõige kättesaadavam on parafiin. Enne kui alustame primaarmähise kerimist raud-

südamiku papptorule, mähime viimasele, parema isolatsiooni saamiseks paar keerdu parafineeritud paberit. Võtame 210×170 mm suuruse tüki tugevat paberit, asetame ta kuumale metallplaadile (plekile) ja katame pintsli abil sulatatud parafiiniga. Seejärel keerame ta ettesoojendatud papptoru ümber. Parafiini hangudes jääb paber tihedasti toru külge kinni.

Primaarmähise kerime torule 1,5 mm-lise läbimõõduga kahekordse puuvill- või siidisolatsiooniga traadist, ja käsitsi, sest keerde on vähe, ainult kaks kihti. Mähise pikkus on 190 mm, seega jääb mõlemast toru otsast 10 mm laiune osa vabaks. Kerimist alustame sellest toru otsast, millest raudsüdamik *välja ei ulatu*, vastasel korral jääksid hiljem mähise ühendusjuhtmed katkestile ette. Traat peab kerimise ajal jooksma läbi sula parafiini (vt. § 5 b). Parafiin hangub peale iga üksiku keeru kerimist otsekohe ja juhe jääb kindlalt alusele kinni. Kui üks kiht keritud, asetame sellele ühe keeru parafineeritud paberit ja kerime siis peale teise kihi. Mähisele jätame umbes 200 mm pikkused traadiotsad *p* ja p_1 joon. 150. Kogu poolile kerime nüüd jälle tublisti 210 mm laiust parafineeritud paberit, kuni paberikihi paksus on 4 mm. See paks isolatsioonikiht takistab sekundaarmähise kõrge pinge läbilööki primaarmähisesse.

Sekundaarmähis. Et vältida elektrilist läbilööki üksikute keerdude ja kihtide vahel, koosneb sekundaarmähis üksikutest õhukestest ketaspoolidest (joon. 152 *a*), mis on lükatud üksteise kõrvale primaarmähise peale ja ühendatud järjestikku. Sekundaarmähise keerdude koguarv on umbes 40 000. Et seda suurt keerdude arvu südamikule ära mahutada, peame valima väga peenikese, 0,15 mm-lise läbimõõduga traadi kahekordse siidisolatsiooniga. (Selle puudumisel võib kasutada ka peenemat, 0,1 mm-lise läbimõõduga traati.)



Joon. 152. *a* — sekundaarpooli ketas, *b* — kerimisvahend.

Traati kulub umbes 8000 meetrit ehk 1,5 kg.

Ketaspoolide kerimiseks peame oma kerimismasinale juurde ehitama primaarmähise läbimõõduga puitsilindri ja kaks 95 mm-lise läbimõõduga 10 mm paksust vineerketast. Ketastel on keskel nii suured augud, et neid võib suruda tihedalt silindrile. Puitsilinder on kinnitatud kerimismasina võllile.

Nende täienduste tõttu pole meil vaja enam 40-le poolikettale valmistada poolikehi. Vajame vaid suuremal hulgal parafineeritud paberist seibe välisläbimõõduga 95 mm. Seibi sisemine auk on sama suure läbimõõduga kui primaarmähisel (ja puitsilindril). Tõenäoliselt kujuneb primaarmähise läbimõõduks 43 mm.

Kerimine toimub järgmiselt. Võtame puitsilindri masinast välja ja surume talle peale ühe vineerketta. Ketta siseküljele kleebime kergelt (mõnedest punktidest) parafineeritud paberist seibi. Ketta ja silindri vahelt tõmbame läbi mähise algustraadi. Nüüd kerime seibi külge silindri pinnale 2,5 mm laiusest parafineeritud paberist 1 mm paksuse rõnga. (Puitsilindriga kokkupuutuv riba pind olgu parafineerimata.) Teise puiduketta siseküljele kleebime samuti parafineeritud paberist seibi, surume ta silindrile, tihedalt vastu rõngast ja kinnitame lõpuks mõlemad kettad paari pintslitäie parafiiniga, et nad kerimise ajal paigast ei nihkuks.

Silindri koos ketastega asetame kerimismasinasse ja hakkame kerima. Traat peab jällegi jooksma läbi tulise parafiini, seetõttu jääb pool pärast parafiini hangumist tugev ja kõva. Mähis ei tohi ulatuda seibi ääreni, vaid 5 mm alla seda. Mähise läbimõõt on niisiis 85 mm, tähendab 10 mm seibide läbimõõdust väiksem. Kerimise ajal tuleb traati veidi pingutatult sõrmede vahelt poolile juhtida, et keerud hiljem mitte logisema ei jääks, vaid tihedalt mähiseruumi täidaksid.

Juhul, kui traat kerimise ajal katkeb, puhastame katkenud otsad liivapaberiga, keerame nad kokku ja tinutame üle. Jätkukoha asetame kokkumurtud parafineeritud pabeririba vahele.

Kui mähis on valmis, tõstame silindri kerimismasinast välja ja tõmbame ettevaatlikult kettad koos pooliga silind-

rilt maha. Kettad eraldame pooli külgedelt terava noaotsaga ja sooja rauatüki või pleki abil sulatame pooli küljeseibid tugevasti mähise külge kinni. Nii kerime kõik 40 pooli. Et hiljem oleks kerge poole omavahel kokku ühendada, kerime nad kõik täpselt ühesugused. Mähise algustraadi toome välja alati näiteks parempoolse ketta alt ja kerimist toimetame alati ühes suunas. Iga valmis pool tuleb elektriliselt kontrollida, kas takistusmõõtja abil (pooli takistus on ligikaudu 200 Ω) või siis lihtsalt patarei abil. Viimasel juhul ühendame pooli otsa patarei külge, kuna vabad mähise ja patarei otsad asetame keelele. Kui tunneme keelel kerget ärritust ja suus haput maitset, läbib vool pooli ja see on korras.

Kõik poolid on asetatud kõrvuti primaarmähisele ja on ühendatud elektriliselt järjestikku. Nii moodustavad 40 väikest ühesuunalist keritud ketaspooli kokku sekundaarmähise, mille otstel valitseb töötamise ajal väga kõrge pinge. Poolide kokkumonteerimine nõuab seetõttu palju hoolikust. Iga ebatäpsus võib põhjustada poolidevahelist pinge ülelööki ja rikkuda nii kogu aparaadi.

Asetame esimese ketaspooli primaarpoolile, otsast 35 mm kaugusele. Mähise lõpp (pealmine ots) jäägu väljapoole. Pooli siseküljele laome nüüd 0,5 mm paksuselt parafineeritud paberseibe, toome mähise algusjuhtme vertikaalselt üles ja asetame uuesti paberseibile 0,5 mm paksuselt (paberseibide eelsoojendamiseks kasutada tulist plaati). Nii jääb kahe mähise vahele umbes 1 mm paksune vahekiht, mille keskelt on läbi toodud mähise algusots. Samal viisil asetame kõik 40 pooli primaarmähisele. Poolide otste ühendamine selgub jooniselt 151. Esimese pooli algus on ühendatud teise pooli lõpuga, teise algus kolmanda lõpuga jne., kuni kõik poolid on ühendatud ja jääb ainult kaks vaba otsa — esimese pooli lõpp ja viimase pooli algus. Omavahel ühendatavad juhtmed puhastame isolatsioonist, keerame kokku ja joodame kinni vähese joodisega. Ühenduskoha lõikame umbes 1,5—2 mm pikkuseks, surume ettevaatlikult piki seibi maha ja katame parafiiniga.

Vabaksjäänud kahe juhtme külge (kogu sekundaarmähise algus ja lõpp) joodame kummalegi 0,30 m pikkuse

tüki 0,4—0,5 mm-lise läbimõõduga isoleeritud traati, sest vahetult ei saa mähise peenikest traati ühendada sekundaarklemmide alla. Jätkukohad teeme varemtuntud viisil, isoleerime nad paberiribaga ja kinnitame järgmiselt. Otstraati *A* (esimese mähise lõpp) kerime koos jätkuga veel ühe keeru ulatuses ja kinnitame parafiiniga. Otstraati *B* (viimase mähise algus) ei saa me aga kerida poolile, sest pooli alguse ja lõpu vahel valitseb väga kõrge pinge, mis traatide vahel elektrilist läbilööki võib tekitada. Seepärast laome viimase ketaspooli otsa veel 1 mm paksuselt parafineeritud paberist seibe, toome juhtme jällegi vertikaalselt üles ja joodame talle külge üsna mähise ligidale teise, jämedama juhtme. Sekundaarmähise mõlemasse otsa kleebime nüüd veel 5 mm paksuselt isoleerseibe. Kontrollime veel kord elektrilisel teel, kas mähised on korras. Kui katkestusi ei ole, katame kogu pooli mehaanilise tugevuse ja ilu saavutamiseks nägusa papi või paberiga. Keerame jällegi varemtuntud viisil torud: ühe suure, mis mahub sekundaarmähise peale ja kaks väiksemat, mis kataksid primaarmähist. Sekundaarmähise otsad katame kahe paksemast papist seibiga, primaarmähise otsad valame täis sula parafiini. Raudsüdamiku väljaulatuv ots tuleb parafiinist puhastada.

Alusplaadi *2* (joon. 150) valmistame 30—40 mm paksusest vineerist või puidust, mõõdetega 240×400 mm ja monteerime sellele valmis pooli, kasutades tugedena kaht klotsi *6* (joonis 150). Joonise 153 järgi valmistatud puitklotsid surume primaarmähise otstele ja kinnitame alt aluse külge 40 mm pikkuste puidukruvidega.

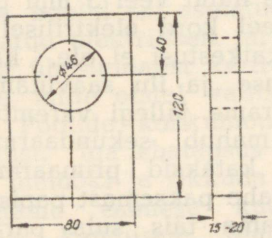
Peale pooli tuleb alusplaadile monteerida veel klemmid *3* (joon. 150) vooluallika ja kondensaatorite jaoks, sekundaarklemmid klaassambail ja katkesti.

Katkesti *4* (joon. 150). Töötamispõhimõttelt sarnaneb sädeinduktori katkesti elekterkõlisti katkestiga, konstruktsioonilt on ta aga siiski tunduvalt erinev.

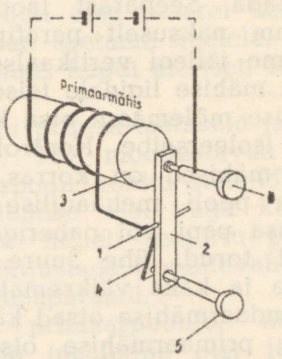
Raudankur on asetatud liikuvale võllile *1* (joon. 154). Ankru *2* üks ots asub mähise raudsüdamiku *3* ees, teise otsa on kinnitatud lehtvedru *4*. Vedru ette asetatud reguleerimiskruvi *5* abil saame ankrut suruda kas tugevamini või nõrgemini vastu kontaktkruvi *6*. Sellele vastavalt

peab ka magnetjõud, mis ankrut oma külge tõmbab, olema kas tugevam või nõrgem, et tekitada kontaktide vahel katkestust ja panna ankrut vibreerima. Vedru tugevuse muutmisega saame katkestussagedust reguleerida, mis on väga oluline maksimaalsete töötagajärgede saavutamiseks.

Katkesti konstruktsioon on näha joonisel 155 ja üksikosad joonisel 156. L i i s t u *1* — kõikide üksikosade



Joon. 153. Tugipukk.



Joon. 154. Sädeinduktori katkesti.

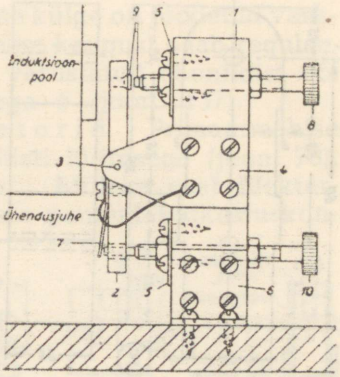
kandja — valmistame täiesti kuivast tugevast puidust ja kinnitame ta alusplaadile hiljem kahe tugeva r a u d n u r g i k u *6* ja puidukruvidega.

L a a g e r p u k k i d e *4* materjaliks on ette nähtud messing, sest toed peavad olema voolujuhtideks.

Pehmest rauast a n k r u l e *2* puurime keskele augu läbimõõduga 4 mm, kuhu surume tihedasti võlli 3. Et kontaktpind ankru ja kontaktkruvi *8* vahel sädemete tõttu kiiresti kõlbmatuks ei muutuks, on nii kontaktkruvi otsa kui ka ankru külge joodetud tükike hõbedat — hõbekontaktid 9. Jootmise hõlbustamiseks on ankrusse täpselt kontakti kohta puuritud 3 mm-lise läbimõõduga auk ja täidetud vaskneediga. Vaskneedi tasaseks viilitud pea otsa on lihtne joota 5 mm-lise läbimõõduga 1 mm paksust hõbeketast.

Vedru 7, mis on kinnitatud kruvi ja mutriga ankru külge, valmistame terasplekist (vana kellavedru). Teeme neid paar tükki mitmesuguse paksusega, alates 0,3-st millimeetrist. Hiljem valime neist välja kõige sobivama.

Kontaktkruvi *8* ja reguleerimiskruvi *10* on 5 mm-lise läbimõõduga (M 5), messingist (hädakorral võime ka raudkruvisid kasutada) ja nende jaoks on puitliistu puuritud augud. Liistu ankrupoolsele küljele kinnitame aukude kohale puidukruvide abil vaskplaadikesed *5*, mille keskele joodame 5 mm-lise siseläbimõõduga mutri (M 5).

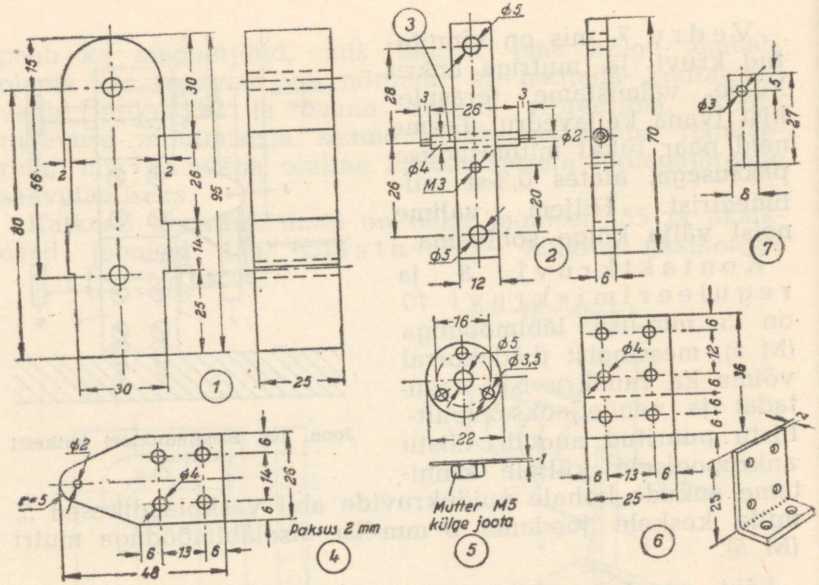


Joon. 155. Sädeinduktori katkesti ehitus.

Läbi nende mutrite toimub kruvide reguleerimine. Kruvid keerame õigesse asendisse kinni vastumutritega.

Kontaktkruvi otsa joodame, nagu varem öeldud, hõbeplaadikese, reguleerimiskruvi aga viilime otsast 10 mm ulatuses peenemaks nii, et ta vabalt läbi ankru vastava augu mahuks ja vedru külge ulatuks. Kokkumonteeritud katkesti asetame alusplaadile raudsüdamiku ette ja kruvime ta sinna tugevasti kinni. Et ankru ja laagerplaadi vahel oleks parem elektriline kontakt, ühendame nad omavahel peenekiulise juhtmega (litse). Juhtme otsad kinnitame vastavalt ankrul vedru kinnituskruvi ja plaadil puidukruvi alla. Raudsüdamiku otsa ja ankru vahele jäägu umbes 3 mm laiune vahe.

Sekundaarklemmid ja sädemik 5 (joon. 150). Joonisel 157 *b* kujutatud sekundaarklemme me oma lihtsate tööriistadega valmistada ei saa (puuduvad keermepuurid ja treipink). Paratamatult peame nad laskma mehaanikatöökojas teha. Hädakorral on siiski võimalik metalltorust, kruvist ja mutrist klemme kokku monteerida (joon. 157 *c*). Igal juhul ei tohi klemmil olla teravaid



Joon. 156. Sädeinduktori katkesti osi.

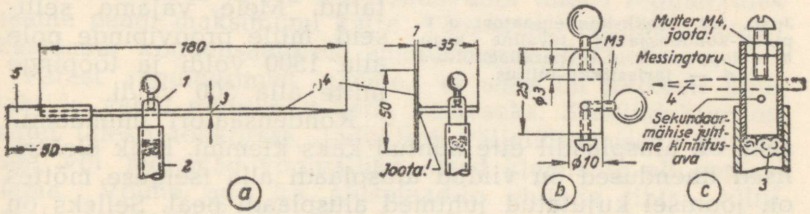
servi ega krobelisi pindu, kust kõrgepingeline elekter välja kiirgaks.

Klemmid *1* asetame parema isolatsiooni saavutamiseks klaastorust (või eboniidist) tulpadele 2 (joon. 157). Klaastorust, kuhu klemm täpselt sisse mahub, lõikame kaks 145 mm pikkust tükki (lõikamist vt. § 4 h). Klemmi kinnitamiseks soojendame siis veidi toru otsa, surume torusse umbes 10 mm sügavusse vatt-topi *3*, valame avausse veidi sula kirjalakki ja torkame sellesse klemmi. Pärast laki hangumist jääb klemm tugevasti kinni. Tulba kinnitame aluse vastavasse ettepuuritud auku samuti kirjalakiga. Sekundaarjuhtmete jootmine klemmide külge, väikestesse aukudesse, toimugu enne klemmide kinnitamist tulpade otsa. Juhtmed tuleb hiljem katta 4 mm paksuselt isoleerpaelaga.

Sekundaarklemme võime kasutada ka sädemiku elektroodide *4* kinnitamiseks. Elektroode on kaks ja nad on valmistatud 3 mm-lise läbimõõduga messingvarvast. Ühe elekt-

roodi ots on viilitud teravaks, teise külge on joodetud vaskkettakene. Teraviku ja ketta vahelist kaugust saab reguleerida. Selleks on teravikelektrood varustatud eboniidist või parafineeritud puidust käepidemega 5 (joon. 157).

L ü l i t u s ja k o n d e n s a a t o r i d. Primaarmähise lülitus sarnaneb täpselt elekterkõlisti lülitusega (joon. 73). Lisaks tuleb ainult kondensaator. Milleks see? Elekterkõlisti juures olete kindlasti tähele pannud katkestuskon-

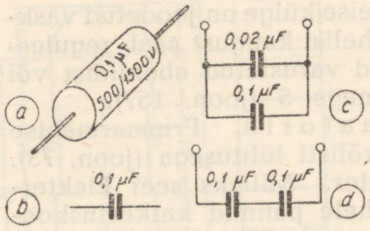


Joon. 157. Sädemik.

taktide vahel tekkivat tugevat sädet. Sädeinduktori juures on säde veelgi tugevam, ja kui me ei võtaks abiks kondensaatorit, muudaks see kontakti varsti kõlbmatuks. Kondensaator, ühendatuna katkestuskontaktide vahele (vt. joon. 150), vähendab sädet õige tublisti ja tekitab peale selle veel järsumat voolukatkestust, mistõttu suureneb ka sekundaarne pinge.

Leideni purk, ainus kondensaator, mida juba omame, siia ei kõlba, sest tema mahtuvus on liiga väike. Võiksime valmistada sobiva kondensaatori tinapaberi lehtedest, isoleerides neid parafineeritud paberiga, kuid on siiski lihtsam osta ärist sobivaid raadioaparaadi plokk-kondensaatoreid.

Kondensaatori mahtuvus on maksimaalsete tagajärgede saavutamiseks (pikim sekundaarsäde) üsna oluline ja teda tuleb induktori proovimisel katseliselt määrata. Sellepärast ostamegi mitu erineva mahtuvusega kondensaatorit, et neist oleks võimalik kombineerida vajalikku mahtuvuse suurust. Kondensaatoreid paralleelselt lülides kogumahtuvus suureneb (joon. 158 *c* kogumahtuvus võrdub 0,02 pF + 0,1 pF = 0,12 pF), järjestikku lülides aga väheneb (joon. 158 *d* kogumahtuvus on 0,1 : 2 = 0,05 pF).



Joon. 158. Plokk-kondensaator: a — plokk-kondensaatori tavaline kuju, b — leppemärk, c — paralleellülitus, d — järjestikku-lülitus.

Meie vajame kaht kondensaatorit mahtuvusega 0,1 µ F[1], üht mahtuvusega 0,05 µ F ja veel kaht kondensaatorit mahtuvusega 0,02 µ F. Ostmisel tuleb veel tähele panna, missugusele pingele kondensaatorid on valmistatud. Meie vajame selliseid, mille proovipinge pole alla 1500 voldi ja tööpinge mitte alla 500 voldi.

Kondensaatori ühendamiseks on alusplaadil ette nähtud kaks klemmi. Kõik elektrilised ühendused on viidud alusplaadi alla (selguse mõttes on joonisel kujutatud juhtmed alusplaadi peal. Selleks on plaadi vastavaisse kohtadesse puuritud augud. Alusplaat toetub neljale isoleerainest jalale. Kõige lihtsam on kasutada jalgadeks rullisolaatoreid.

S ä d e i n d u k t o r i t ö ö l e r a k e n d a m i n e. Vooluallikana kasutame oma sädeinduktori juures akumulaatorite patareid pingega 2 kuni 8 volti (1 kuni 4 elementi). Patarei iga eri pinge korral tuleb katkesti uuesti välja reguleerida ja kui vajalik, isegi vahetada katkesti vedru. Tugevama voolu puhul (8 V-line patarei) vajame ka tugevat vedru, et kiiret katkestuse sagedust saada. 2 V-lise patarei kasutamisel aga liig tugeva vedru tõttu ei hakka katkesti üldse tööle.

Ühendame akumulaatori otsad induktori klemmide külge ja reguleerime kontakt- ja reguleerimiskruvide abil katkestustooni võimalikult puhtaks ja kõrgeks. Tooni kõrgust reguleerime alumise kruvi abil. Ankur ei tohi vibreerides puutuda raudsüdamiku külge, sest siis saaks võnkumise korrapärasus häiritud.

Nüüd liigutame teravikuga sädeelektroodi plaatelektroodile lähemale, kuni säde üle hüppab. Mingil tingimusel ei tohi sekundaarklemme või elektroode töötamise ajal

[1] Mahtuvuse ühikuks on farad (F), 1 µ F (mikrofarad) on üks miljondik faradit.

käega puutuda. Võime saada tugeva elektrilöögi, mis pole sugugi ohutu. Sädevahe reguleerimine toimugu ainult isoleeritud käepideme kaudu. Kõiki ühendusi sekundaarklemmidel tohib toimetada siis, kui primaarpoolel on vool välja lülitud.

Edasi lülime kontaktide *c* (joon. 150) alla niipalju kondensaatoreid (paralleelselt), et saavutaksime kõige pikema sädeme sädeelektroodide vahel. Kondensaatoreid lisades või kõrvaldades ja iga kord sädevahet uuesti reguleerides saame peagi maksimumi kätte. Täpsemaks reguleerimiseks kasutame kondensaatoreid mahtuvusega 0,02 μF.

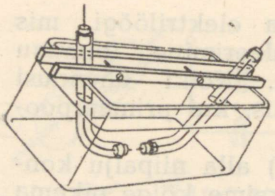
Pärast reguleerimist näeme, et säde on katkesti kontaktide vahel muutunud üsna väikeseks. Sädeinduktor on nüüd täiesti töökorras. Induktori väljalülitamiseks peame ühe või mõlemad vooluallika otsad klemmide alt eemaldama. Võime aga ka alusplaadile ehitada lihtsa lüliti voolu katkestamiseks. Selleks sobib joonisel 92 näidatud lüliti, kuid sädeinduktorite tugevate voolude tõttu võtame lüliti kontaktideks jämedamad (läbimõõduga 4—5 mm) kruvid. Ka on soovitav lüliti kontaktplaat varustada isoleeritud nupuga (niidirullist), sest primaarmähise katkestamise hetkel tekkiva kõrge omainduktsiooni pinge (vt. § 84) tõttu võime saada sealt elektrilöögi.

§ 82. Katseid sädeinduktoriga.

Kui sädeelektroodideks on kaks teravikku, siis võime sädeme pikkuse järgi umbkaudu määrata kindlaks ka pinge suuruse teravikkude vahel.

Teravikkude vahe (mm)	6	12	19	26	41
Sekundaarpinge (volti)	5 000	10 000	15 000	20 000	30 000
Teravikkude vahe (mm)	62	90	120	150	180
Sekundaarpinge (volti)	40 000	50 000	60 000	70 000	80 000

Kui vaatleme pimedas toas sekundaarelektroode, mis on teineteisest nii kaugele nihutatud, et säde üle ei hüppa,



Joon. 159. Sädeülelöök vedelikus.

siis näeme neid ümbritsetuna nõrgast sinakast helendusest. Nähe tekib elektroodide kiirgamise tõttu väga kõrge pinge puhul. Hiljem, tesla transformaatoriga katsetades, avaldub see veelgi intensiivsemalt.

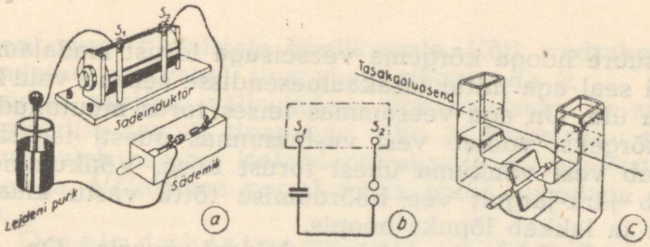
Huvitavaid efekte saame, kui tekitame sädemeid mitmesugustes vedelikkudes (joon. 159). Selleks peame eemaldama induktorilt elektroodid ja ühendama sekundaarklemmide külge kaks vasktraati. Nende traatide vabad otsad pistame läbi klaastorude. Viimaste otsad korgime tihedalt kinni ja lakime. Traat peab korgist umbes 2 mm pikkuselt välja ulatuma. Nii valmistatud elektroodid asetame vedelikuga täidetud tugevate seintega klaasnõusse (elektroodide otsad olgu sügaval vedeliku sees). Kui induktori tööle paneme ja elektroodid parajasse kaugusesse nihutame, hüppavad nende vahelt üle tugevad sädemed. Sädeme värvus oleneb kasutatavast vedelikust. Õlides on säde enamasti roheline, piirituses punane, heades isolaatorites, nagu tärpentiinõli, eriliselt hele ja särav.

Kergesti süttivaid vedelikke (eeter, piiritus jne.) ei tohi katseteks kasutada.

Sädeinduktoriga võime sooritada ka kõiki neid katseid, milleks varem kasutasime staatilise elektri — induktsioonelektri masinat.

§ 83. Katseid suursagedusega.

Suursageduslikke elektrivõnkumisi kasutatakse tänapäeval niivõrd laialdaselt, et vaevalt leidub isikuid, kes neist midagi kuulnud poleks. Kui mitte muidu, siis vähemalt raadiot kuulates on igaüks mõlgutanud mõtteid salapäraste raadiolainete üle, mis tohutust kaugusest toovad meile koju meeldivat muusikat ja uudiseid. Paraku ei tea paljud meist aga asjast midagi lähemat. Seda enam peaks nüüd pakkuma huvi ise korraldada klassikalisi katseid suursagedusvooludega, mis õieti on pannud

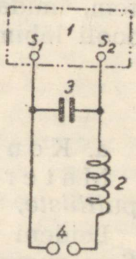


Joon. 160. Katse elektri võnkumisega: *a* — üksikosade lülitus, *b* — lülitusskeem, *c* — võrdlus veesamba võnkumisega.

aluse meie tänapäeva raadiotehnikale. Pealegi on sädeinduktori ja tesla trafo abil sooritatavad katsed suursagedusega üldse efektsemaid katseid elektrotehnikas.

§ 84. Elektromagnetiline võnkumine.

Kui ühendame induktori sekundaarklemmide külge joonise 160 *a* kohaselt leideni purgi ja sädemiku, tekivad sädeelektroodide vahel lühikeste vaheaegade järel tugevad sädemed. Mida suurem on leideni purgi mahtuvus, seda pikemad vaheajad on üksikute ülelöökide vahel, kuid seda tugevamad on sädemed. Iga sädet näeb silm kui ühtainsat ülelööki, kui ühtainsat valgussähvatust. Mitmesuguste katsetega on aga kindlaks tehtud, et tegemist on paljude üksteisele kiirelt järgnevate ülelöökidega.



Joon. 161. Katse võnkeringiga. *1* — sädeinduktor, *2* — omainduktsioonpool, *3* — leideni purk, *4* — sädemik.

Vaatleme leideni purgi tühjenemise käiku lähemalt. Induktor laeb teda pingeni, mis on küllaldane, et elektroodide vahel ülelööki tekitada. Järgneb tühjenemine sädeme kujul. Tühjenemine koosneb üksikuist kiiresti vahelduvaist laadimis- ja tühjenemissädemeist. Võiksime võrrelda seda U-kujulise veetoruga (joon. 160 *c*), kus vesi asub ühes harus kõrgemal kui teises. Kõrge veesammas vastaks meie leideni purgi positiivsele laengule, madalam — negatiivsele. Nende laengute tasakaalustumist takistab purgi klaassein ja säde, nii nagu U-torus on tasakaalustumine takistatud kraani tõttu. Kui kraani avame, jookseb

vesi suure hooga kõrgema veeseisuga torust madalamasse, ei jää seal aga mitte tasakaaluasendisse seisma, vaid liigub hooga üle. On aga veesammas teises torus muutunud küllalt kõrgeks, voolab vesi vastassuunas uuesti tagasi. Nii hakkab vesi võnkuma ühest torust teise. Võnkumine väheneb järk-järgult vee hõõrdumise tõttu vastu klaastoru seinu ja lakkab lõpuks hoopis.

Samuti voolab ka elekter leideni purgis. On pinge tõusnud vastavale kõrgusele, tekib säde ja elekter hakkab edasi-tagasi võnkuma. Kuna osa võnkeenergiast järk-järgult sädevahes soojuseks muutub, kustuvad need võnkumised varsti. Võngete kiiret kustumist võime aga takistada, kui lülime võnkeringi omainduktsioonpooli (joon. 161). Induktsiooninähtus ei teki mitte ainult kahe pooli vahel, vaid tekib ka ühes ja samas poolis. Kui juhime läbi pooli vahelduvvoolu, tekib poolis muutuva suuna ja tihedusega magnetväli. Magnetvälja jõujooned lõikavad sama pooli keerde ja tekitavad neis induktsioonvoolu. Kuna induktsioon tekib samas poolis, siis nimetamegi nähtust omainduktsiooniks ja pooli — omainduktsioonpooliks.

Omainduktsiooni elektromotoorne jõud oleneb voolu tugevusest, vooluvahelduse kiirusest ja pooli omainduktsioonitegurist ehk induktiivsusest. Viimane on seda suurem, mida rohkem keerde on poolil, mida suurem on pooli läbimõõt ja mida lähemal asuvad üksteisele keerud.

§ 85. Lisaseadmed katseteks.

a. Kondensaatorpatarei.

Materjalid: *5 leideni purki, 2 klemmkruvi, vineeri, puitliiste, tinapaberit.*

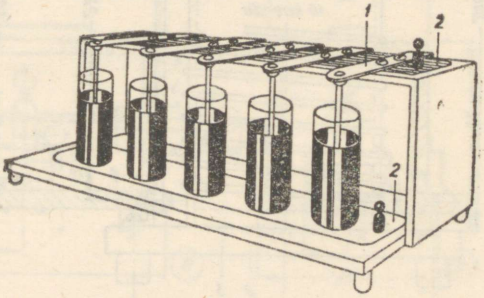
Leideni purke oleme juba varem valmistanud (§ 18). Samasuguseid vajame praegusteks katseteks vähemalt viis tükki. Kõik viis on ühendatud kondensaatorpatareiks. Et eksperimenteerimisel purke kiiresti ja ilma suurema vaevata vahetada, ehitame kogu patarei jaoks joonise 162 järgi puitraamistiku. Ülemisele puitliistule on vastavalt purkide arvule kruvitud viis messingvedru *1*. Otstesse on neile puuritud 8 mm-lise läbimõõduga augud pesadeks

leideni purgi ülemistele kuulikestele. Kõik vedrukesed on ühendatud omavahel tinapaberi ribakesega 2.

Leideni purkide välispindade ühendamiseks on asetatud alusplaadile samuti tinapaberi riba 2. Raamistiku puidust liistud tuleb parema isolatsiooni saamiseks tugevasti parafineerida. Võimaluse korral võiks puidu asendada eboniidiga.

b. Omainduktsioonpooli ehitamine.

Materjalid: *isoleerimata vasktraati läbimõõduga 2—3 mm, 2 spetsiaalklemmi, tükk neljakandilist messingvarrast 5×5 mm, tükk 2 mm paksust messingplekki, tükk eboniiti või parafineeritud puitu, tükk 15 mm paksust puitplaati, mõned 3 mm-lise läbimõõduga kruvid mutritega, puidukruvisid, veidi pappi, õhukest 0,5 mm messingplekki, liimi ja lakki.*



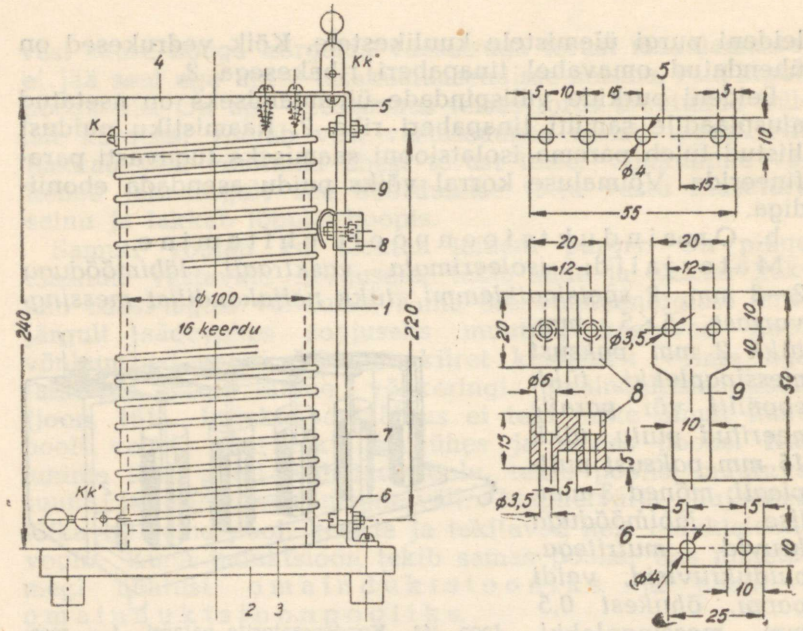
Joon. 162. Kondensaatorite pataree. *1* — messingvedru, *2* — tinapaber.

Induktsioonpool on reguleeritav. Tema induktiivsust saab muuta libiseja abil, sellega vähem või rohkem keerde võnkeringi lülides. Jooniselt 163 selgub küllaldaselt pooli ehitus.

Poolitoru *1* välisläbimõõt olgu 100 mm ja seina paksus 2—3 mm. Kui valmistame toru papist, peame ta parema isolatsiooni saamiseks hästi katma šellaki või nitrolakiga.

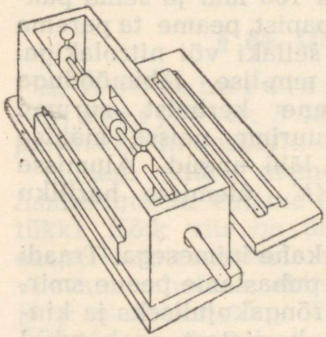
Mähise kerime jämedast 2—3 mm-lise läbimõõduga vasktraadist, umbes 16 keerdu. Enne kerimist surume pooli otstesse puitkettad *3* ja *4*, puurime neisse mähise alguse ning lõpu kohta papptorust läbi augud. Alumisse auku kinnitame kontaktklemmi *Kk'*, ülemisse hariliku puidukruvi *K*.

Kerimist on kõige parem läbi viia kahe inimesega. Traadi tõmbame kõigepealt hästi sirgeks ja puhastame peene smirgelpaberiga. Traadi alguse keerame rõngakujuliseks ja kinnitame alumise klemmi külge. Üks kerijatest peab nüüd poolikeha pöörama ja traadid niiviisi aeglaselt keerd keeru



Joon. 163. Induktsioonpool.

haaval ühtlaste vahemaadega kerima poolile, teine peab aga traati pingutatult järele andma. Traati ei tohi enne lõdvale lasta, kui mähise lõpp on keeratud kruvi *K* alla kinni. Et keerde tugevasti kinnitada, katame pooli veel kord lakiga. Libiseja vedru kohalt puhastame keerud aga smirgelpaberiga puhtaks.

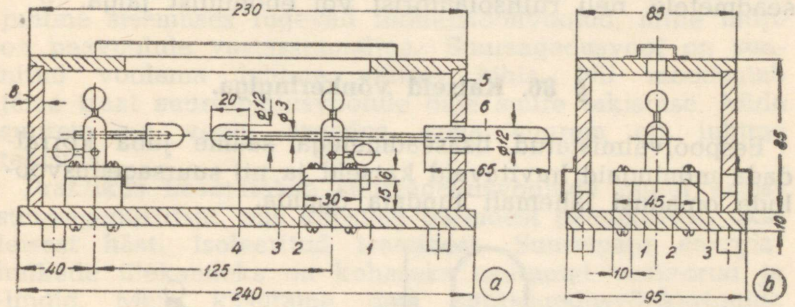


Joon. 164. Sädemik.

Induktsioonpooli kinnitame alusplaadile 2 puiduliimiga. Ülemisele puitkettale ja ka alusplaadile on kruvitud nurgikud 5 ja 6, mille külge kinnitame messingist juhtlati 7. Juhtlatti mööda saab liigutada üles ja alla eboniitkelku 8 ja ühtlasi ka

selle külge kinnitatud kontaktvedru *9*, mis libiseb üle keerdude. Kontaktvedru valmistame vetruvast 0,5 mm paksusest messingplekist.

c. Sädemik (joon. 164). Suursagedusvõngete tekitamiseks ei ole induktori sädemik (teravik ja plaat) sobiv. Peame valmistama uued elektroodid, kinnitama eraldi alusele ja katma puidust karbiga, et sädeme helendus välja ei paistaks. Need katsed toimuvad pimedas ruumis ja sädeme valgus takistaks meid vaatlemast teisi esilekutsutud nähtusi.



Joon. 165. Sädemiku ehitus: *a* — külgvaate läbilõige, *b* — otsvaate läbilõige.

Materjalid: *tükk ümartsinki või -alumiiniumi läbimõõduga 12 mm, tükk messingvarrast läbimõõduga 3 mm, 2 spetsiaalklemmi, tükk 6 mm paksust eboniiti, 65 mm pikkune eboniitpulk läbimõõduga 12 mm, 8 ja 10 mm paksust vineeri, tükk 0,5 mm paksust plekki, puidukruvisid, neli rullisolaatorit ja mõned puitliistud.*

Alusplaadile *1*, mõõdetega 240×95×10 mm, kruvime joonise 165 järgi neli puitklotsikest *2*. Nende klotsikeste peale kinnitame kaks eboniitplaadikest *3* ja viimaste keskele samasugused klemmid, nagu neid kasutasime induktori sädemiku juures (joon. 157).

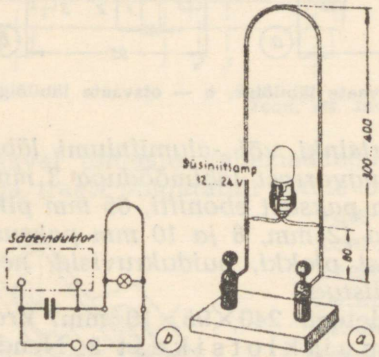
Elektroodid *4* on valmistatud ümartsingist või -alumiiniumist ja hästi siledaks poleeritud. Messingvardad pikkusega 50 ja 125 mm surume tihedalt vastavaisse elektroodide aukudesse. Üks elektroodidest on varustatud eboniidist käepidemega *6*, mille abil sädevahet on võimalik reguleerida.

Kui sädemik on valmis, jääb veel katta ta vineerist karbiga 5. Lihtsa vineerkarbikese valmistamiseks 8 mm paksusest vineerist on küllaldased alusplaadi mõõted. Karbi külgedesse ja kaande saeme 130 mm pikkused ja 10 mm laiused pilud õhu ringvoolu võimaldamiseks. Pilud katame plekiribadega sädeme valguse varjamiseks. Karp on kinnitatud naeltega alusplaadile, kaas on äravõetav.

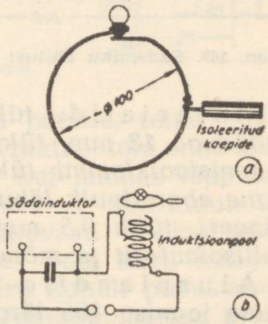
Alusplaadi alla kinnitame, nagu kõigile oma kõrgepingeseadmetele, neli rullisolaatorist või eboniidist jalga.

§ 86. Katseid võnkeringiga.

Eespoolvalmistatud lisaseadmetega saame juba korraldada mõningaid huvitavaid katseid ja nii suursagedusvoolude omadusi lähemalt tundma õppida.



Joon. 166. Katse traatkaarega: *a* — traatkaar, *b* — lülitusskeem.



Joon. 167. Katse rõngaspooliga: *a* — rõngaspool, *b* — lülitusskeem.

Valmistame 3—4 mm jämedusest vasktraadist joonisel 166 *a* kujutatud kaare. Kaare otsad painutame 20 mm pikkuselt täisnurkselt kõrvale ja kinnitame kahe statiivklemmi külge. Kinnituskohtadest 80 mm kõrgusel ühendame kaare külge peenema vasktraadi abil 12—24-voldilise süsinüt-

lambi (metallniitlamp põleb lühikese ajaga läbi). Kui ühendame traatkujundi joonise 166 *b* kohaselt võnkeringi, hakkab lamp heledalt põlema. Kuidas on see võimalik? Lamp on ju ometi jämeda traadi abil (kaar) lühises!

Ei tohi aga unustada, et meil on tegemist suursagedusvooluga, vooluga, mis väga kiirelt oma suunda muudab (miljoneid kordi sekundis). Suursagedusvool voolab aga ainult traadi pinnal ja kogu meie jämeda juhtme sisemus on praktiliselt vooluta ja seega täitsa kasutu. Miks? Väga kiirelt vahelduvate magnetväljade tõttu tekivad juhtme sisemuses tugevad induktsioonvoolud, mille mõju on peavoolule vastassuunaline. Suursagedusvool on sunnitud voolama juhtme välises kihis. Nii moodustab jäme traat suursagedusvoolule õige suure takistuse. Mida suurem on voolu sagedus, seda suurem on juhtme takistus.

Praktikas kasutatakse suursagedusvoolude puhul erilist suursageduslitset, mis koosneb paljudest peenikestest üksteisest hästi isoleeritud traatidest. Suuremate energiahulkade ülekandeks on kohaseks osutunud vasktorud ja -lindid. Meie kasutame oma suursagedusvõnkeringide ühendamiseks vasktraati läbimõõduga 0,6—0,8 mm.

Muudame nüüd veidi oma võnkeringi. Lülime traatkaare asemele äsjavalmistatud induktsioonpooli, keerame 3 mm-lise läbimõõduga traadist rõnga ja ühendame selle otste külge taskulambipirni (joon. 167). Paneme induktori tööle ja lähendame traatrõnga isoleeritud käepideme abil poolile. Lamp hakkab heledalt põlema. Pooli ümbritseva tugeva kiirelt vahelduva magnetvälja jõujooned lõikavad traatrõngast ja tekitavad selles induktsioonvoolu, mis lambi süütab.

§ 87. Elektrilainete levimine ruumis.

Aastal 1887 juhtis füüsik H e r t z tähelepanu sellele, et sädelahenduse tõttu tekkinud elektri suursagedusvõnkumised ei piirdu üksi võnkeringiga, vaid avaldavad oma mõju ka ümbritsevas ruumis.

Elektrivõngete levimist ruumis võime mõtteliselt sarnastada vee- ja õhu- (heli-) lainetusega.

Kui viskame vaiksesse vette kivi, tekivad kukkumise kohas veelained, mis näiliselt kaida poole voolavad, kuid ainult näiliselt. Kui asetame lainetele korgitüki, näeme, et see hakkab üles-alla kiikuma, ei lähene aga sugugi kaldale, vaid jääb oma kohale. Veelained levivad ringikujuliselt laiali, veeosakesed aga liiguvad ainult vertikaalselt üles-alla, kusjuures võnkekõrgus ehk amplituud h väheneb alguspunktist kaugenedes. Kahe laineharja vahelist kaugust λ nimetatakse lainepikkuseks (joon. 168).

Heli levimine õhus toimub õhu lainetuse teel. Vastupidiselt veelaineile ei levi aga õhulained mitte ainult ühes tasapinnas, vaid igas suunas ruumi laiali.

Samuti nagu vee- ja õhuvõnkumised, levivad ka elektromagnetilised võnkumised lainete näol oma tekkimiskohast (võnkeringist) ümbritsevasse ruumi, kanduvad edasi ja on suutelised kaugel olevais võnkeringides jällegi võnkumisi tekitama (traadita telegraaf).

Elektromagnetiliste lainete levimine toimub valguse kiirusega, s. o. 300 000 kilomeetrit sekundis.

§ 88. Katse geissleri toruga.

Elektrilainete kindlakstegemiseks katselisel teel vajame kaht leideni purki ja kaht omainduktsioonpooli. Peale selle lõikame 3 mm-lise läbimõõduga vasktraadist neli 0,7 m pikkust tükki. Kahe täisnurga all painutatud traadi otsa joodame 10—20 mm-lise läbimõõduga kuulikesed. Kuulikesed moodustavad sädemiku.

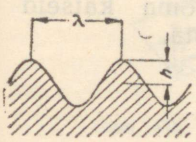
Lülituse koostame joonise 169 kohaselt. Nii vastuvõtja kui ka saatja koosneb võnkeringist (leideni purk, induktsioonpool) ja paralleelselt asetatud kahest traadist.

Sädevahega traadipaar on loomulikult saatja. Vastuvõtja traadipaarile on liikuvalt kinnitatud nn. geissleri toru (klaaskolb hõrendatud õhuga ja elektroodidega).

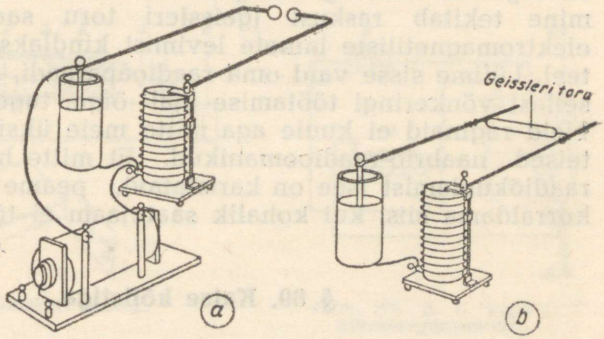
Traate võib stabiilsuse saamiseks siidniidiga sobivasse asendisse üles riputada.

Saate- ja vastuvõtuaparaadi asetame teineteisest umbes 1—2 m kaugusele, reguleerime mõlemad poolid samale

keerdude arvule ja käivitame induktori. Saatering kiirgab välja elektromagnetilisi laineid, need mõjustavad vastuvõturingi ja panevad selle samuti võnkuma. Hõrendustoru hakkab helendama. Kui toru vastuvõtutraatidel liigutada, leiame varsti asendi, kus valgus on kõige heledam. Sel juhul on mõlema võnkeringi võnkesagedus täpselt ühesugune. Öeldakse, et võnkeringid on r e s o n a n t s i s. Mis on siis resonants?



Joon. 168. Veelainetus: λ — lainepikkus, h — amplituud.



Joon. 169. Katse geissleri toruga: a — saatja, b — vastuvõtja.

Pingutatud klaverikeel annab ainult üht teatava kõrgusega heli, tähendab see klaverikeel võngub ainult ühe teatava sagedusega. Kui suurendame keele pingust või valime jämedama traadi, muutub ka tooni kõrgus, s. t. omavõnkesagedus.

Analoogiliselt toimub võnkumine ka elektrilises võnkeringis ainult teatava kindla sagedusega, mille suuruse määravad kondensaator ja omainduktsioonpool.

Kui kaks täpselt sama omavõnkesagedusega klaverikeelt asetada lähestikku ja üks neist panna võnkuma, võngub ka teine kaasa. Sama toimub ka kahe ühesuguse helihargiga, kahe ühepikkuse pendliga jne. Intensiivne kaasavõnkumine toimub ainult siis, kui võnkesagedused on võrdsed. Siis ütleme, et võnkeringid on r e s o n a n t s i s.

Sama on maksev ka elektriliste võnkeringide kohta.

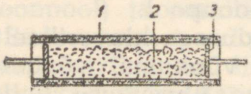
Elektrilise võnkeringi omasagedus on seda suurem, mida väiksemad on selles võnkeringis oleva kondensaatori mahtuvus ja pooli induktiivsus. Võime valmistada võnkeringe, mille võnkesagedus on väga suur — miljoneid hertse.

Elektromagnetilisi võnkumisi sagedusega üle 20 000 hertsi nimetame suursageduslikeks, alla seda aga heli- ja väikesageduslikeks võnkumisteks (kõikides meie katsetes on tegemist suursagedusega). Kui ülaltoodud katse teostamine tekitab raskusi (geissleri toru saamine), võime elektromagnetiliste lainete levimist kindlaks teha ka teisel teel. Lülime sisse vaid oma raadioaparaadi, ja me kuuleme sellest võnkeringi töötamise ajal õige tugevaid raginaid. Neid raginaid ei kuule aga mitte meie üksi, vaid ka kõik teised naabrid-raadioomanikud. Et mitte häirida naabrite raadiokuulamist (see on karistatav), peame oma katseid korraldama siis, kui kohalik saatejaam ei tööta.

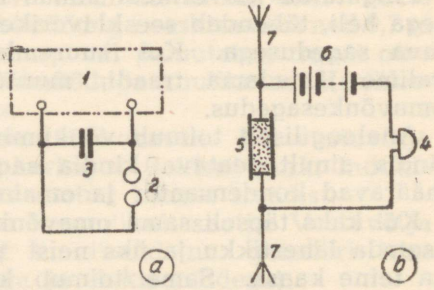
§ 89. Katse kõlistiga.

Juhul, kui meil ei ole geissleri toru, võime korraldada järgmise efektse katse.

Saatjana kasutame joonisel 160 toodud vahendeid: sädeinduktorit, leideni purki ja sädemikku.



Joon. 170. Koherer.

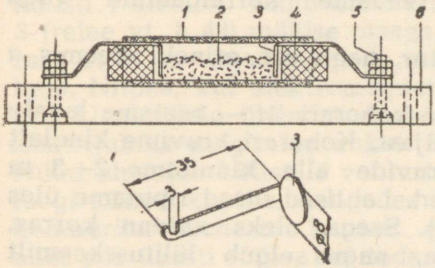


Joon. 171. Katse elekterkõlistiga. *a* — saatja: *1* — sädeinduktor, *2* — sädemik, *3* — kondensaator; *b* — vastuvõtja: *4* — elekterkõlisti, *5* — koherer, *6* — elektripatarei, *7* — antenn.

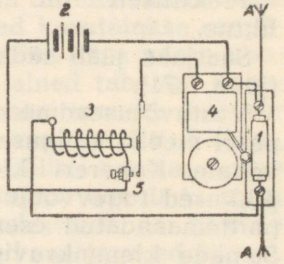
Vastuvõtjana kasutame kohererit, taskulambipatareid, elekterkõlistit ja 4—5 m tugevvoolu-litset.

Kuna koherer osutub uueks seadmeks, siis algul veidi temast.

Koherer oli raadiotehnika algstaadiumil vastuvõtuseadme olulisemaks osaks. Ta koosneb (joon. 170) klaastorukesest *1*, millesse on pandud metallipuru *2*, ja metallipuruga ühendatud elektroodidest *3*.



Joon. 172. Kohereri ehitus.



Joon. 173. A. S. Popovi äikeseregistreerija.

Väikesagedusvoolusid kohereris olev metallipuru ei juhi. Ühendame taskulambipatarei klemmid, kohereri klemmid ja kõlisti klemmid järjestikku: kõlisti ei helise (joon. 171 *b*, vastuvõtja). Rakendades aga sädeinduktori skeemi *a* (joon. 171) kohaselt tööle, hakkab see saatjana ruumi kiirgama suursageduslikke elektromagnetilisi laineid. Need lained püütakse kinni vastuvõtja antenni *7* poolt. Nende mõjul muutub metallipuru elektrit juhtivaks, seega ühendub kõlisti vooluring ja kõlisti heliseb seni, kuni kohereri pihta koputamisega katkestub metallipuru elektrijuhtivus.

Kohereri valmistamine.

Materjalid: *umbes 50 mm pikkune klaastoru läbimõõduga 10 mm, 0,5 mm paksust tsinkplekki, kaks 3 mutriga peitpeakruvi M 3×30, kaks 20 mm pikkust puidukruvi, lauake 10×20×120 mm, jämedat metallipuru (soovitav rauapuru), kaks pudelikorki läbimõõduga 10 mm.*

Jälgime joonist 172.

Klaastorusse *1* paneme veidi metallipuru *2*. Tsinkple-

kist valmistame joonise järgi elektroodid 3. Elektroodid, mille pinnad olgu läikivaks nühitud, surume korgikeste 4 abil torusse ja kinnitame nende otsad kontaktkruvide 5 alla.

A l u s e 6, millele koherer kinnitatakse, valmistame lauakesest 10×20×120 mm. Jooniselt selgub kõik vajalik, ka puidukruvide avad. Need on selleks vajalikud, et seadist oleks võimalik stabiilselt soovitud kohta kinnitada.

Praktiliselt on kogu seadme korraldamine väga lihtne.

Saatjaks jääb sädeinduktor, nagu see esineb skeemis *a* (joon. 171).

Vastuvõtuseadme osad — kohereri jt. — asetame lauale paari meetri kaugusele saatjast. Kohereri kruvime kindlalt kohale. Kohereri klemmkruvide alla kinnitame 2—3 m pikkused tugevvoolujuhtmed. Lahtised otsad riputame üles (mittemaandatud esemetele). Seega oleks antenn korras. Samade klemmkruvide alla, nagu selgub lülitusskeemilt (joon. 171 *b*), ühendame ühelt poolt juhtme vooluallikast, teiselt poolt juhtme elekterkõlisti klemmilt. Seega on vastuvõtja korras. Rakendades sädemetekitaja — sädeinduktori tööle, peab kõlisti hakkama helisema.

Juhul, kui vastuvõtja ei peaks reageerima, siis toome ta esialgu saatjale lähemale. Soovides signaali katkestada, peame kohererile koputama.

Raadiotehnika pioneer, r a a d i o l e i u t a j a, vene elektrotehnik ja teadlane Aleksandr Stepanovitš P o p o v katsetas 1895. a. selliselt signaalide edasiandmisega elektrilainete abil. Kohereri voolujuhtimise katkestajana (koputajana) kasutas ta elekterkõlistit. Ta asetas kõlistinupu kohererile nii lähedale, et kõlistinupp langes ankru magnetilt vabanedes kohererile (klaasi purunemise vältimiseks oli selle ümber asetatud kummivöö). Saadud põrutusest katkestus elektri juhtimine ja vastuvõtuseade oli automaatselt valmis uue signaali vastuvõtuks.

A. S. Popov ehitas ka nn. ä i k e s e r e g i s t r e e r i j a, mis registreeris õige kaugel olevaid õhuelektrilisi lahendusi (välke).

Meilgi on õpetlik tutvuda selle seadmega.

Äikeseregistreerija.

Elektrilaineid tekitab sädeinduktori säde, neid tekitab ka induktsioonelektri masina säde jne. Välk, see on ka elektrisäde, seejuures tohutu võimsusega säde. On päris kindel, et ta tekitab ka elektromagnetilisi laineid. Neil kaalutlustel koostas A. S. Popov seadme õhuelektriliste lahenduste, välkude registreerimiseks.

Joonisel 173 näeme äikeseregistreerija lülitusskeemi. Kohereri *1* klemmide külge on ühendatud patarei *2* üle kõlisti *4* klemmi. Teine kohereri klemm on ühendatud relee *3* (relee vt. § 43) mähise otsaga. Releed kasutatakse seepärast, et ta on väga tundlik ja hakkab tööle üsna nõrga vooluga. Niipea, kui elektromagnetilised lained tabavad kohereri klemmidele ühendatud antennitraate, muutub koherer elektrijuhiks ning relee ankur tõmmatakse kontakti *5* külge. Nüüd ühendub kõlisti *4* vooluringi ja kõlisti haamer annab löögi kõlisti kuplile. Langedes kohe tagasi annab ta löögi kohererile. Koherer kaotab elektrijuhtivuse ja hakkab alles siis uuesti tööle, kui teda tabavad saatja uued lained.

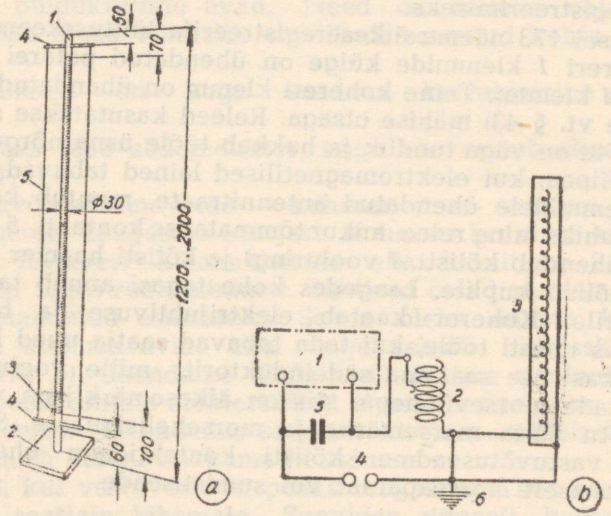
Kui kasutate saatjana sädeinduktorit, mille voolu saab katkestada morsevõtmega, siis on äikesemärkijaga võimalik vastu võtta morsemärke ja morsehelisignaale. Selleks tuleb vastuvõtuseadme kõlisti kontaktidega ühendada soovikohaselt morseaparaat või sumistiseade.

§ 90. Elektrilainete nähtavakstegemine.

Seni oli meil tegemist kinnise võnkeringiga. Kui lülime oma võnkeringi nn. seibti pooli, tekib lahtine võnkering (joon. 174). Selline lahtine võnkering kiirgab eriti intensiivselt energiat välja elektromagnetiliste lainete näol. (Raadiotehnikas kasutatav antenn pole ka midagi muud kui lahtine võnkering.)

Seibti poolis saame tekitada seisvaid elektromagnetilisi laineid, mis pooli erilise konstruktsiooni tõttu on ka silmale nähtavad. Seisvatest lainetest paremaks arusaamiseks korraldame katse (joon. 175). Kui seina külge kinnitatud nööri vaba otsa üles-alla kiigutada, tekivad nööril lained, mis kinnisest otsast tagasi peegelduvad. Teatava liiguta-

mise kiiruse juures hakkab aga kogu nöör eriliselt võnkuma. Näib, nagu seisaksid lained nööril paigal. Kogu nöör on jagunenud (joonise kohaselt) kuueks võrdseks osaks, millest igaüks võngub omaette. Punkte, mis võnkumisel paigale jäävad, nimetame sõlmedeks, suurima amplituudiga (võnkeulatusega) võnkuvaid kohti aga paisudeks.



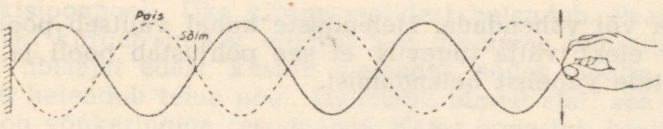
Joon. 174. Elektrilainete nähtavakstegemine: *a* — seibti pool, *b* — lülitusskeem: *1* — sädeinduktor, *2* — omainduktsioonpool, *3* — seibti pool, *4* — sädemik, *5* — kondensaator, *6* — maandus.

Kahe kõrvuti oleva sõlme vahe on pool lainepikkust. On selge, et seisvad lained tekivad ainult siis, kui võnkumise poollainepikkusi saab nöörile täisarv korda (vt. joonis).

§ 91. Seibti pooli ehitamine.

Materjalid: *puitkepp pikkusega 1,2—2 m ja läbimõõduga 30 mm, 200 g siidisolatsiooniga vasktraati läbimõõduga 0,2 mm, tükk vaskvarrast läbimõõduga 3 mm, puitalusplaat, veidi isolatsioonita vasktraati ja lakki.*

Poolialuseks *1* (joon. 174 *a*) valime sirge kuiva oksteta



Joon. 175. Seisvad lained.

puitkepi, pikkusega vähemalt 1,2 m ja läbimõõduga umbes 30 mm. Ülemise kepi otsa lõikame ja viilime ümmarguseks ning lõpuks hõõrume kogu kepi pealispinna peene liivapaberiga täiesti siledaks. Kepi toestamiseks surume ta vastavasse auguga alusplaati *2*, milleks sobib hästi näit. näärikuuse jalg. Peale pulga ja aluse hoolikat lakkimist alustame mähise kerimist. Umbes 100 mm kõrgusel alusplaadist on pulga sisse keeratud kruvi või kontaktklemm *3*. Sinna alla ühendame mähise algustraadi ja kerime keerd keeru kõrvale pulga täis 0,2 mm-lise läbimõõduga siidisolatsiooniga vasktraati. Mähise lõpetame 70 mm allpool kepi tippu ja lakime otsa kinni. See mähise ots jääb täiesti vabaks, tema külge ei tule mingit elektrilist ühendust. Et mähis tugevasti pulga külge jääks, lakime kogu pooli veel kord üle. Nüüd puurime kepi tippu ja alla alusplaadi lähedale, vastavalt joonisele, kaks auku läbimõõduga 3 mm. Neisse pistame kaks sama jämedat 80 mm pikkust vaskvarrast *4*, varraste otstesse kinnitame vertikaalselt kaks peenikest (läbimõõduga 0,2 mm) isolatsioonita vasktraati *5*.

§ 92. Katse seibti pooliga.

Lülituse teeme joonise 174 *b* järgi. Mähise algus on ühendatud omainduktsioonpooli külge, mõlemad külgtraadid ja üks sädemiku otstest on ühendatud maaga (veekraan, maaühendus). Aparaadi töötades tekivad seibti poolis suursagedusliku võnkumise tõttu seisvad lained, mis nähtavaks saavad pooli ja külgtraatide vahelise helendusena. Helendusribas näeme tumedaid (sõlmed) ja heledaid (paisud) kohti. Induktsioonpooli reguleerides saame sõlmede arvu kepil muuta, s. t. lainepikkust suuren-

dada või vähendada. Helenduste kohal valitseb poolis nii suur elektrivälja tugevus, et see põhjustab pooli ja külgtraatide vahelist helendamist.

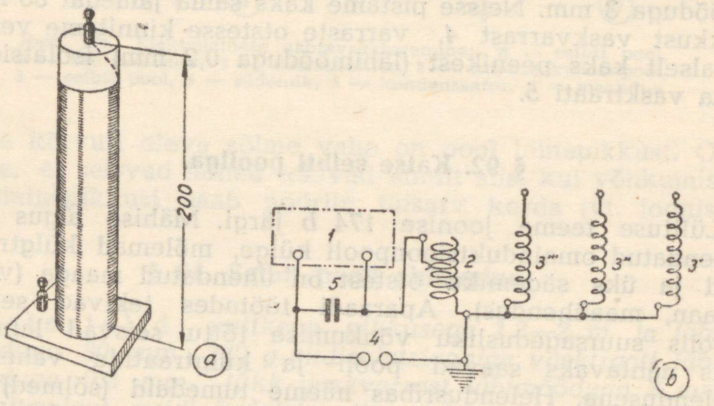
§ 93. Katseid kiirgavate poolidega.

Lahtise võnkeringi omadusi võime veelgi selgitada lihtsate abinõudega. Selleks otstarbeks valmistame mõned kiirgavad poolid. Poolialusteks kõlbavad väga hästi silindrilised petrooleumilambi klaasid. Kui neid pole saada, valmistame jällegi papptorud varemtuntud viisil (torude läbimõõt olgu 30—40 mm, pikkus 200 mm).

Poolisid valmistame neli (joon. 176 *a*):

1. pooli — 0,1 mm-lise läbimõõduga traadist, vabaruumiga pooli otstes 20 mm;
2. ja 3. pooli — 0,2 mm-lise läbimõõduga traadist, vabaruumiga pooli otstes 30 mm;
4. pooli — 0,2—0,4 mm-lise läbimõõduga traadist, vabaruumiga pooli otstes 50 mm.

Katseks asetame kolm isesugust pooli lauale võimalikult kaugemale üksteisest ja ühendame nad joonise 176 järgi võnkeringiga. Paneme induktori tööle ja reguleerime



Joon. 176. Katsed kiirgavate poolidega: *a* — kiirguspool, *b* — lülitusskeem.

induktsioonpooli. Üks kiirguspoolidest helendub. Pealmine kontakt kiirgab sinakat valgust. Kui nihutame induktsioonpooli libisejat edasi, kustub helendus selles poolis, kuid varsti helendub teine pool. Helendub nimelt alati see pool, mis on võnkeringiga resonantsis. Katse õnnestub hästi siis, kui poolid asuvad üksteisest kaugel. Ligistikku asetatud poolid mõjutavad üksteist magnetvälja kaudu ja efekt ei ole täielik.

Kahe ühesuguse pooli (2. ja 3.) abil võime veel kord kindlaks teha elektromagnetiliste lainete levimist ruumis. Ühe pooli lülime võnkeringi nagu eelmises katses. Teise pooli asetame esimesest 1—2 m kaugusele, ühendame ta alumise otsa maaga ja ülemise klemmi külge kinnitame traaditükikese. Kui esimene kiirguspool satub teisega resonantsi, hakkab ka teine pool kiirgama sinakat valgust.

§ 94. Tesla trafo.

Leidur Nikolai Tesla oli esimene, kes võnkeringi kõrgepingelisi voolusid transformeeris veel kõrgemale pingele. Vastavat transformaatorit nimetati leiduri nime järgi tesla transformaatoriks. Viimane ei oma vastupidiselt meie varemkirjeldatud transformaatorile üldse raudsüdamikku.

Tesla tekitas oma võimsate aparaatidega nii tugevaid suursagedusvälju, et hõrendatud õhuga klaaskolvid helendusid juba õige kaugel transformaatorist. Seejuures võisid klaaskolvid olla täiesti ilma elektroodideta.

Tesla katseid saame ka meie oma väiksemate aparaatidega küllaltki efektselt korraldada.

§ 95. Tesla trafo ehitamine.

Materjalid: *50 g siidisolatsiooniga vasktraati läbimõõduga 0,2 mm, 2 m vasktraati läbimõõduga 3 mm, 4 spetsiaalklemmi, puitplaati, pappi ja lakki.*

Trafo ehitus on näha jooniselt 177. Primaar- ja sekundaarpooli keerdude arv oleneb kasutatava sädeinduktori sädeme pikkusest.

Andmed poolide kohta on antud alljärgnevas tabelis:

Sädeinduktor	Primaarpool		Sekundaarpool	
Sädeme pikkus mm	Keerdude arv	Siseläbimõõt mm	Kõrgus mm	Välisläbimõõt mm
30	10	90	180	40
50	7	90	200	45
80	6	100	210	45

Sekundaarpool sarnaneb oma ehituselt varemvalmistatud kiirguspooliga. Mähise kerime siidisolatsiooniga vasktraadist läbimõõduga 0,2 mm. Kogu pooli lakime põhjalikult üle nii seest- kui ka väljastpoolt. Mõnekeeruline primaarpool on valmistatud 3 mm-lise läbimõõduga vasktraadist. Mähise kerime esialgu ümber sobiva läbimõõduga pudeli, venitame ta parajalt lahti (keerdude vahe umbes 15 mm) ja ühendame otsad klemmide külge (joon. 177). Klemmid asetsegu nagu sädeinduktorilgi klaas- või eboniittulpadel.

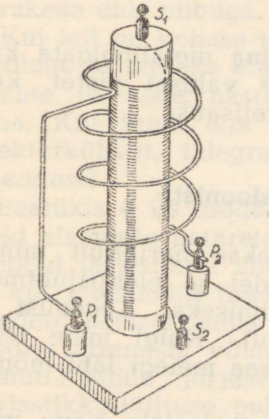
Primaarpool on ühendatud varemates katsetes kasutatud omainduktsioonpooli asemele. Kuid on võimalik, et me ka viimase peame lülitusse jätma võnkeringi omasageduse reguleerimiseks ja sekundaarpooli resonantsi viimiseks, eriti sel juhul, kui me kondensaatori reguleerimisega (leideni purki rohkem või vähem kasutades) kiirgusmaksimumi ei saavuta.

§ 96. Katseid tesla trafoga.

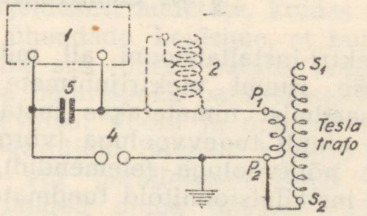
Koostame lülituse joonise 178 kohaselt. Tesla trafo sekundaarmähise klemmi külge ühendame tüki isoleeritud traati. Paneme seadme tööle ja reguleerime kondensaatori abil sekundaarpooli kiirguse maksimumi. (Kui see ei õnnestu, kasutame induktsioonpooli.) Näeme suurepärast vaatepilti. Traat kiirgab kogu pikkuses sinakaid sädemeid (joon. 179 *a*). Asetame isoleeritud traadi asemele okastraadi. Kõikidest teravikkudest ja kantidest väljub sinakas sädemetevihk, tekitades tugevat raginat.

Ühendame sekundaarpooli otsad kahe statiivklemmi külge, millesse on kinnitatud traaditükid. Traaditükke teineteise lähedale asetades hüppavad sädemed ühelt juhtmelt teisele, tekitades huvitava valguspaela (joon. 179 *b*).

Traate võime painutada ka rõngakujuliseks — saame jällegi huvitava efekti (joon. 179 *c*). Nii võime kombineerida üha uusi ja ikka huvitavamaid katseid. Nende väljamõtlemine jäägu aga juba leidliku katsetaja enese hooleks.



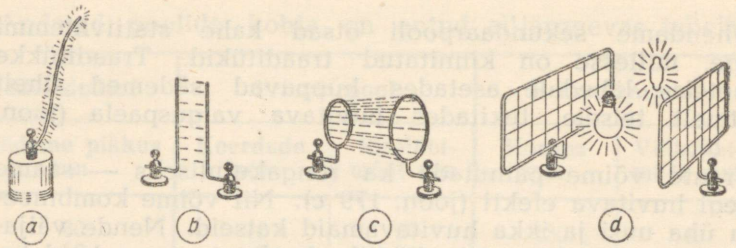
Joon. 177. Tesla trafo.



Joon. 178. Tesla trafo lülitusskeem.

Kahele nelinurksele traadist painutatud raamile joodame metallvõrgud. (Küllaldane on ka 10 mm vahedega traatvõrestik.) Võred kinnitame statiivklemmidele ja ühendame tesla trafo sekundaarklemmidega (joon. 179 *d*). Umbes 20 cm kaugusele asetatud võrede vahel valitseb trafo töötamise ajal nii tugev suursageduslik elektriväli, et kui seal hoida elektripirni või hõrendustorusid, helenduvad need ilma igasuguste ühendusjuhtmeteta.

Tesla trafo suursagedusvoolud ei ole inimesele hädaohtlikud. Kui puudutada metallpulgaga tesla trafo sekundaarmähise ülemist klemmi ja hoida teist kätt alumisel klemmil, ei tunne me mingit elektrilööki.



Joon. 179. Katseid tesla trafoga.

Sekundaarklemmi puudutamisel ilma metallpulgata kargab aga säde otse sõrme. Tunneme valusat pistet, kusjuures sõrme nahka tekib väike põletisauk.

§ 97. Elektri-installatsioonist.

Elektri-installatsiooni all mõistetakse harilikult mingisuguse ruumi elektrijuhtmete seadet ja elektrijuhtmete ülesseadmist nimetatakse installeerimiseks. Tegemist on ikka ainult tugevvooluga (võrguvool). Kuigi meie tegeleme nõrkvooluga (elemendid), ei saa meiegi läbi mõningaid installatsioonitöid tundmata.

Installeerimise juures kasutatakse materjale, nagu juhtmeid, isolaatoreid, harukarpe jne. Kõik need on valmistatud tugevvoolu nõuete kohaselt. Tugevvoolu sisseseadmisel on omad karmid reeglid, milledest, et vältida tuleõnnetusi, õnnetusi inimestega jne., ei tohi kõrvale kalduda.

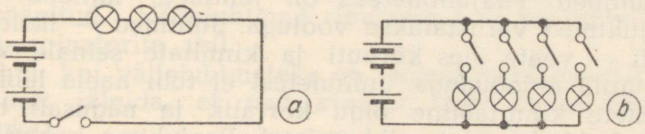
Nõrkvooluga, millega meie tegeleme, õnnetusi karta ei ole. Seepärast meie oma seadmete puhul installatsioonivahendite valimisel ja kasutamisel mõtleme ainult sellele, kuidas vooluallika voolu võimalikult väheste kadudega ära kasutada.

Juhtmetena on soovitav alati kasutada vasktraati, sest selle takistus on mitu korda väiksem teiste traatide takistusest (vasktraadi eritakistus on 0,017, raudtraadil aga 0,14). Edasi tuleb silmas pidada, et mida jämedam on traat, seda väiksem on tema takistus (vt. tabel 2 raamatu lõpus). See-

pärast kasutame traati, mille läbimõõt ei ole alla 0,5 mm. Kasutame isoleeritud traati. Välisjuhtmete isoleeritud traadiks on sobiv ainult ilmastikukindla ümbrisega traat. Välisjuhtmetena kasutatakse jämedamaid traate seepärast, et ülesriputatud juhtmed oma raskuse ja ilmastiku mõjul ei rebeneks. Sisemisi juhtmeid kinnitame seinale klambrikeste, naelte ja kruvikeste abil. Välisjuhtmete (eriti isoleerimata) kinnitamiseks kasutame aga isolaatoreid. Välisjuhtmed sisetatakse tavaliselt läbi seina puuritud ava kaudu. Ava varustatakse isoleerainest (getinaks, klaas) torukese ehk piibuga.

Kui teil on kohase pingega vooluallikas (patarei), mille vooluga te näiteks ainult üht elekterkõlistit varustate, siis oskate te väga hästi ilma juhiseta elektrilisi ühendusi teha. Kui tuleb aga ühe vooluallikaga varustada kaht elekterkõlistit, telegraafiaparaati jne., — kuidas teha siis ühendust?

Peatükis § 25 toodud kirjeldusest mäletate, kuidas üksikuid elemente patareideks ühendada. Leidsime, et kui elemendid järjestikku ühendada, siis tõuseb patarei pinge, ja et kui elemendid ühendada patareideks paralleelselt, siis suudab patarei anda tugevamat voolu ja pikemat aega. Voolu tarbimisel võidakse tarbijaid (lambid, kõlistid jne.) samuti lülida järjestikku või paralleelselt (joon. 180). Järjestikku-lülituse puhul langeb pinge üksikul tarbijal. Seepärast ei ole võimalik 4,5-voldilise patareiga lülida järjestikku rohkem kui üks samasugust pinget nõudev taskulambipirn. Paralleellülituse puhul pinge ei lange, mispärast võib näiteks 3, 4 ja rohkemgi lampi vooluringi asetada ja kõik põlevad väikese sisetakistusega vooluallika puhul normaalse helendusega. Kuid, et hulk lampe tarvitab mitu korda rohkem voolu, siis tühjeneb patarei



Joon. 180. a — järjestikku-lülitus, b — paralleellülitus.

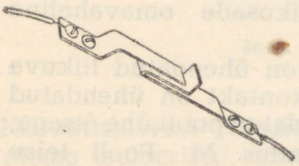
ka mitu korda kiiremini — niisamuti, kui tühjeneb mitu korda kiiremini veenõu, millest hulk inimesi joovad — ja lambid ei põle varsti üldse enam voolu puudusel. Veel peame meeles, et elementidest koostatud patareidest ei õnnestu saada tugevat voolu, sest elementide sisetakistus on suur. Seevastu akumulaatorid ja neist koostatud patareid võivad anda juba õige tugevat voolu.

Elementide valmistamine nõuab omajagu tööd ja vaeva. Veel enam on vaeva akumulaatorite valmistamise, eriti laadimisega. Seepärast siis, kui omate juba omavalmistatud vooluallikat, tekib teil tingimata soov ka seda voolu võimalikult mitmeks otstarbeks kasutada. Te näiteks soovite oma pimikusse kolmevärvilist valgust sisse seada, edasi signaalseadet kirjakasti juurde ja uksekõlistit.

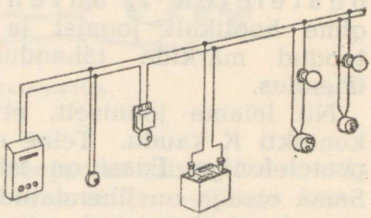
Kõigepealt tuleb kaaluda, missuguseid lampe saate kasutada ja kas teie vooluallikas suudab kõiki tarbijaid (lambid, kõlistid) ka vooluga varustada. Teie olete valmistanud kolm leklanšee elementi. Ühe elemendi pinge on 1,45 V. Ühendades kolm elementi järjestikku patareiks, saate patareipinge 4,35 V. Säärase pingega põlevad päris hästi 3,5-voldise nimipingega taskulambipirnid. Kõlistid helisevad veelgi madalama pinge puhul. Pinge oleks seega sobiv. Voolu tarvitavad nimetatud pirnid 0,25 A. Korraga põleks ainult üks lamp. Kõlistite voolutarvitus on veelgi väiksem. Oletame, et korraga tarvitavad voolu nii kõlistid kui ka üks lamp. Siis oleks voolutarvitus umbes 0,5 A. Säärast voolu suudab suurematest leklanšee elementidest koostatud patarei ka anda. Seega oleks vooluga kõik korras.

Oletame, et vooluallika paigutamiseks on sobiv koht kusagil riiulikesel teie fotopimikus. Sealt tulevad nüüd juhtmed ühendada kõigepealt fotolauale kolme lambi vooluga varustamiseks. Esiteks veate patarei juurest peajuhtmed. Peajuhtmeteks on juhtmed, millede kaudu harujuhtmed varustatakse vooluga. Juhtmed — isoleeritud traadi — veate üles kõrvuti ja kinnitate seinale varemnimetatud abinõudega. Juhtmetest ei tohi naela läbi lüüa. Juhtmete kinnitamine olgu korralik ja nägusalt tehtud. Tuleb hoiduda seinte rikkumisest. Peajuhtme kohad, kuhu kinnitatakse harujuhtmed, samuti ka kinnitatavate haru-

juhtmete otsad, tuleb hoolikalt isoleerainest puhastada. Harujuhe keeratakse tihedalt peajuhtme ümber. Kõige parem on ühendusi teha jootmise abil. Pärast ühendamist tuleb kinnituskohad isoleerpaelaga mähkida. Peajuhtme külge ühendataksegi paralleelselt lambid. Iga lambiga on järjestikku ühendatud lüliti, mille abil saab lampi süüdata ja kustutada. Lambid asuvad lambipesades, mis tuleks osta. Lüliteid saab aga lihtsal viisil kahest plekiribast ise valmistada. Üks plekiribadest kinnitatakse püsivalt, teine liikuvalt. Liikuva osa abil ühendatakse-katkestatakse elektrivool (joon. 181).



Joon. 181. Lüliti.



Joon. 182. Installatsiooniskeem.

On pimikus kõik korras, toote patarei klemmidelt kaks juhet pimikust välja. Te veate need juhtmed eriti korralikult, seinajoontega paralleelselt, lae lähedusse seinale üles. Nende kui peajuhtmete külge ühendate kaks harujuhet elekterkõlistite vooluga varustamiseks. Ühendada tuleb jälle paralleelselt. Uksekõlisti harujuhtmesse ühendate kõlistiga järjestikku kõlistilüliti. Kirjakasti signaalkõlisti harujuhtmesse ühendate samuti kõlistiga järjestikku kirjakastis olevad kontaktid (joon. 182).

Kui kirjakast asub väljas, majast eemal väravatulba küljes, siis tuletage meelde, mida varem välisjuhtmetest on räägitud. Välisjuhtmed riputame üles tugedele (puud, latid) isolaatorite abil.

Juhul, kui välisjuhtmeteks on isoleerimata traadid, tuleb hoolikalt jälgida, et nad kusagil teineteisega kokku ei puutuks.

§ 98. Detektorvastuvõtja.

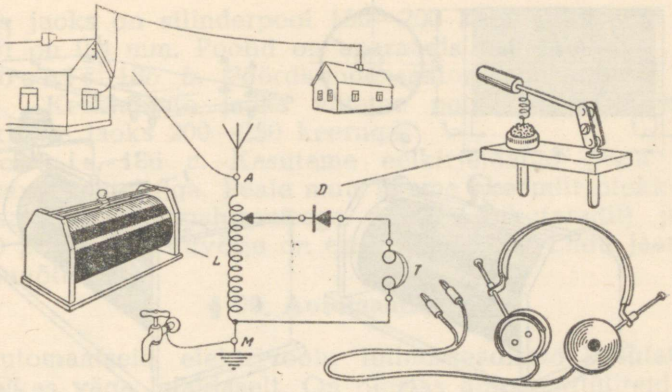
Igale algajale raadioentusiastile, ise-ehitajale pakub suurt huvi detektorvastuvõtja ise-ehitamine. Laskumata igasugustesse seletustesse, anname allpool juhiseid säärase valmistamiseks.

Detektorvastuvõtja olulisem osa on detektor *D* — harilikult kristalldetektor (joon. 183). Teine tähtsam osa oleks pool *L*. Meie aparaadi lülitusskeemil on veel näha peatelefon *T*, antenn *A* ja ka maandus *M*. Jälgime hoolikalt joonist ja meile selgub ka lülitusskeemil toodud märkide tähendus ja üksikosade omavaheline ühendus.

Nii leiame jooniselt, et detektor on ühendatud liikuva kontakti *K* kaudu. Teine detektori kontakt on ühendatud peatelefoniga. Edasi on telefon ühendatud pooli ühe otsaga. Sama otsaga on ühendatud ka maandus *M*. Pooli teise otsaga on ühendatud antenn *A*.

Ise-ehitajana peame varustama endid toodud skeemi puhul järgmiste üksikosade ja materjalidega: *kristalldetektor, peatelefon, 40 m antennitraati, 1—3 mm-lise läbimõõduga traati maanduseks, 60 m puuvillisolatsiooniga vasktraati läbimõõduga 0,4 mm, 6 pistikupesa, kaks banaanpistikut, 0,5 mm-lise läbimõõduga isoleertraati, 4 mm paksust vineeri, 0,5 mm paksust plekki, väikesi puidukruve.*

Poolia (joon. 184) valmistame heast pruunist papist alusele. Papist alussilindrit, mille mõõted on toodud joonisel, rullime ja kleebime kohase läbimõõduga pudelil. Piki poolialust asetame veel vineerliistu ja kerime siis hoolikalt keerd keeru kõrvale kogu 0,4 mm-lise läbimõõduga isoleeritud traadi. Peaksime saama 250 keerdu. Mähise alguse ja lõpu kinnitame poolialuse otsale torgatud augukestesse ja kruvime nad hiljem raamistikule kinnitatud klemmide alla. Liistul oleva mähise katame bakeliitlakiga. Pärast laki kuivamist põletame mähiselt tulise jootmistõlviku otsaga isolatsiooni maha. Mahapõletatud isolatsiooni jäänused kõrvaldame traatidelt peene liivapaberi abil.

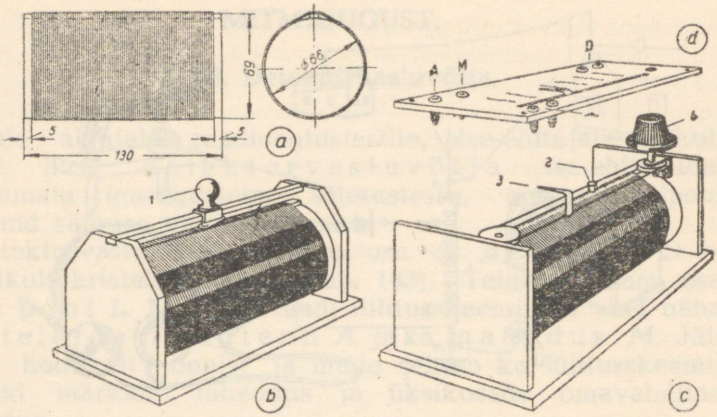


Joon. 183. Detektorvastuvõtja.

Kõrvutiseisvad traadid peavad seejuures siiski üksteisest olema isoleeritud. Liistul libiseb lainevalija — liikuv kontakt *1* (joon. 184 *b*). Pooli kinnitus vineerist alusele on näidatud samal joonisel. Aluse otstükid on ühendatud paralleelselt kahe plekiriba abil, millel libiseb lainevalija kontakt *1*. Kontakti teravik libiseb omakorda isolatsioonist vabastatud mähisel.

Samalt jooniselt (joon. 184 *c*) leiate veel teise sellise kontakti variandi. Ka siin valmistatakse poolile kõigepealt tugiraamistik. Raamistikule on kinnitatud kaks plokki. Üle plokkide jookseb metalne trossike. Ühele trossihaarale on kinnitatud (joodetud) libisev kontakt — metallkuulike *2*, teisele — osuti *3*. Varustame ploki raadionupuga *4* ja kinnitame nupu nii, et see jääb aparaadi kaanele (joon. 184 *d*). Kaanele toome vastava väljalõike kaudu ka osuti *3*. Nüüd, tehes kindlaks oma aparaadil saatejaamad ja märkides need korralikult kartongile, võime nupust *4* keerates valida alati eksimatult soovitud jaama. Samalt jooniselt leiame ka vajalike kontaktide asukohad. Ühenduste tegemine kaane all ei peaks pärast neid seletusi enam kellelegi raskusi tegema.

Antenni *A* (joon. 183) viime hästi kõrgele (10 m) ja kinnitame tugedele mõlemast otsast kolme isolaatoriga.



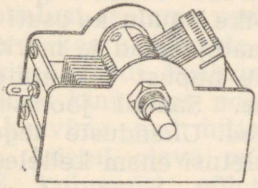
Joon. 184. Detektorvastuvõtja pool ja lainevalija.

Antenni pikkus on tavaliselt 20—40 m. Soovitav on kasutada spetsiaalset antennitraati.

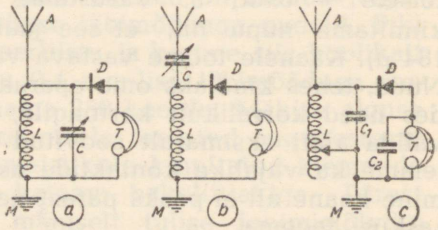
Maandus *M* peab eriti hea olema. Hea maanduse saame traadi veetorustikule kinnitamisega.

Hoopis parem ja kohasem on jaamu valida pöördkondensaatoriga (joon. 185). Skeemidel märgitakse neid nii, nagu on näha joonisel 186 *(C, C_1, C_2)*. Toome allpool mõned lülitusskeemid, millede järgi on kerge detektorvastuvõtjaid koostada ja nende omadustega tutvuda.

Joonis 186 *a*. Keskl!aine jaoks kasutatakse silinderpooli 35—50 keeruga. Traadi läbimõõt on 0,6 mm. Pikk-



Joon. 185. Pöördkondensaator.



Joon. 186. Detektorvastuvõtja lülitusskeem.

laine jaoks on silinderpool 150—200 keeruga; traadi läbimõõt on 0,4 mm. Poolid on aparaadis vahetatavad.

Joonis 186 *b*. Pöördkondensaator asub antenni juhtmes. Kesklainete jaoks võtame pooli 50—75 keeruga, pikklaine jaoks 200—250 keeruga.

Joonis 186 *c*. Kasutame eelkirjeldatud pooli koos libiseva kontaktiga. Peale muu leiame skeemilt plokk-kondensaatori C_1 mahtuvusega 50 pF (pikofaradit) ja C_2 1000 pF. See vastuvõtja on eriti sobiv NSV Liidu jaamade vastuvõtuks.

§ 99. Automaatlüliti.

Automaatseid elektrivoolu lülimisseadiseid kasutatakse tehnikas väga laialdaselt. On olemas automaatlüliteid, mis tööle hakkavad, kui vool või pinge tõusevad üle lubatud piiri, lüliteid, mis automaatselt sisse lülivad tänavvalgustuse, kui ilm pimeneb jne. Automaat-telefonikeskjaam koosneb näiteks tervest saalitäiest igasuguseist automaatlüliteist, mida kontrollib ainult paar ametnikku.

Meie poolt ehitatava automaatlüliti ülesandeks on voolu automaatselt sisse lülida teatud kindlal kellaajal. Seda kellaaega võime aga soovikohaselt valida.

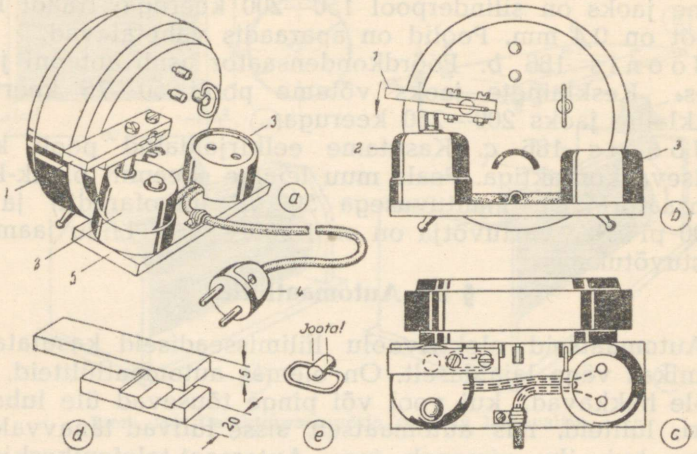
Kui omame sellist lülitit, ei pruugi me hommikul enam ärgata kriiskava äratuskellahelina peale, vaid juba meeldiva äratusmuusika saatel raadiost. Tarvitseb vaid raadio ühendada oma automaatseadmega.

Või jälle õhtul, tutvunud raadio saatekavaga, huvitab meid näiteks saade, mis algab kell 20.15. Seame oma automaatlüliti osuti kellaajale 20.15, ühendame ta raadioga ja võime olla muretud. Soovitud ajal hakkab raadio automaatselt tööle.

Niisuguseid rakendusvõimalusi võime leida oma automaadile õige palju.

§ 100. Automaatlüliti ehitamine.

Materjalid: *lihtne äratuskell, surunupp-lüliti, pistikupesa (harilik seinakontakt), 5 ja 10 mm paksust vineeri, mõned kruvid (läbimõõduga 3 mm) ja puidukruvisid.*



Joon. 187. Automaatlüliti: *a* — külgvaade, *b* — tagantvaade, *c* — pealtvaade, *d* — kangi osad, *e* — kella üleskeeramise tüvik.

Seade on õige lihtne. Vajame ainult üht harilikku äratuskella. Vedrujõudu, mis äratuskella helisema paneb, kasutame oma seadmes lülitinupu allasurumiseks.

Kui äratuskell tööle hakkab, võime tähele panna, et äratuja üleskeeramisnupp liigub aeglaselt ümber oma telje, niikaua kuni vedru on maha käinud. Selle nupu otsa tarvitseb meil ainult kinnitada vineerist kang *1* (joon. 187) ja kangi otsa alla nupplüliti *2*, ning kogu automaatseade ongi üldjoontes valmis. Kui äratuja kindlaksmääratud ajal tööle hakkab, liigub üleskeeramisnupp ja ühtlasi ka kangi *1* ots allapoole, surub lüliti punasele nupule ja vajutab selle alla. Vool ongi sisse lülitud.

Voolu väljalülimiseks peame äratuja vastavast hoovakesest kinni keerama, kangi *1* lülitilt üles tõstma ja vajutama lüliti mustale nupule. Kangi *1* ülestõstmisega keerasime ka äratuja vedru üles, ning seade on otsekohe valmis mingiks uueks automaatseks lülimiseks.

Et äratuskell seadme töötamisel kaasa ei heliseks, peame muidugi kõlisti kupli eemaldama või tüüpidel, kus see puudub, painutama löökvasarakest kella kestast eemale.

Lüliti *2*, kontaktpesa *3* ja võrgupistik *4* on monteeritud nägusale puit- või metallplaadikesele *5*, mis on kinnitatud paari kruviga kella tagaseina külge.

Automaatlüliti ühendamine soovitud seadmega (raadioaparaat) on lihtne. Raadioaparaadi pistiku pistame plaadil asuvasse kontaktpessa, automaatlüliti pistiku aga torkame seinakontakti.

K a n g *1* koosneb kahest 5 mm paksusest vineerliistukesest, mõlemasse on lõigatud süvendid üleskeeramisnupu jaoks (joon. 187). Kui mõlemad liistud on kokku liimitud, surume kangi üleskeeramisnupule peale ja kinnitame ta sinna hiljem kahe 3 mm-lise läbimõõduga kruvi ja mutriga. Kui üleskeeramisnupu tiivik *6* on liikuv, tuleb see enne kangi pealeasetamist kinni joota (vt. joonis).

Kangi serva ja kella tagakülje vahele jäägu umbes 1 mm laiune vahe. Kui seda takistavad mõned väljalatuvad niplid või hoovakesed, tuleb kangile teha vastavad väljalõiked.

Kuna äratuskelli on õige mitmesuguseid ning nuppude asetus nende tagakülgedel on erinev, ei ole otstarbekohane anda siin üksikosadele täpseid mõõteid. Isevalmistatavad osad, kang ja alusplaat on aga niivõrd lihtsad, et nende valmistamine vastavalt olukorrale ei tekita kellelegi raskusi.

Tähtis on, et lüliti nupu ja üleskeeramisnupu vaheline kaugus ei kujuneks liiga suureks (mitte üle 30 mm), muidu võib juhtuda, et kang ei suuda lülitit alla suruda.

A l u s p l a a t *5* peab loomulikult nii suur olema, et temale mahuksid nii lüliti kui ka seinakontakt.

K o k k u m o n t e e r i m i n e.

Monteerimisel tuleb olla hoolikas juba seepärast, et kell kui tundlik mehhanism ei talu põrutusi. Pealegi võib väiksemagi puru sattumine kella mehhanismi põhjustada kella seismajäämist.

Monteerimise järjekord:

1) Kinnitame alusplaadile *5* kruvide abil nupplüliti *2*, pistikupesa *3* ja pistikuga *4* võrgujuhtme ning ühendame nad elektriliselt (joonis 187 *c*). Juhtme otstest kinnitame ühe lüliti, teise pistikupesa klemmi alla. Vabaks jäänud lüliti ja pistikupesa klemmid ühendame omavahel.

2) Surume kangi *1* üleskeeramisnupule joonisel näidatud asendisse ja asetame alusplaadi servaga vastu kella tagakülge nii, et lüliti punane nupp asuks sobival kaugusel ja kõrgusel kangi all. Selles asendis märgime kella tagaküljele alusplaadi asukoha.

3) Eemaldame kangi ja kella tagakülje, puurime viimasesse kaks auku ning kinnitame alusplaadi läbi nende aukude kahe kruviga kella tagaküljele.

4) Eemaldame kellakupli või painutame löökvasarakest ja keerame äratajavedru täiesti üles.

5) Kinnitame tagakülje koos lülitusseadmega uuesti kella külge, keerame nupud otsa ja asetame kangi *1* oma kohale.

Proovimine.

Torkame võrgupistiku seinal olevasse pistikupessa ja ühendame automaatlüliti pistikupessa näiteks laualambi. Kui äratаja osuti seame tunninäitaja kohale ja äratаja vastavast hoovakesest töövalmis keerame, siis hakkab äratаja tööle. Kang *1* liigub allapoole, surub lüliti nupu alla ning lamp hakkab põlema. Kui lüliti käib liiga raskelt, võib tema vedrulehekesi veidi laiemale painutada.

Juba ostmisel tuleb valida hästi kergelt käiv lüliti.

§ 101. Majapidamisvool.

Käesolevas paragrahvis peatume õige lühidalt elektrivoolu juures, mille abil elanikkonda varustatakse valgusega, soojusega jne. Et elekter Nõukogude valitsuse ajal on levinud eriti laialdaselt, siis on käesolev lisaparagrahv tingitud esmajoones kahest kaalutlusest:

1) ettevaatuse vajadus elektriseadmetega tegelemisel,

2) pisirikete korrastamise vajadus koduses majapidamises.

Elektrivoolu toodavad soojuse või vee jõul käitatavad elektrigeneraatorid. Toodetav vool on harilikult vahelduv vool (vt. § 63). Generaatorite pinge on 1000—5000 volti. Elanikkonnani jõuab vool jaamast ülekandejuhtmete kaudu. Et voolutarvidus on suur, siis on ka vool, mis juhtmeid läbib, väga tugev. Tugeva voolu ülekandmiseks

peaks kasutama jämedaid juhtmeid. See teeks elektriülekande kalliks. Pealegi oleksid energiakaod juhtmete soojenemise tõttu suured. Arvutused aga näitavad, et kõrgepingelise elektri ülekandmine ei vaja jämedaid juhtmeid ja juhtmete soojenemise tõttu tekkivad kaod on väiksemad. Seepärast transformeeritakse vool jaamades kõrgepingeliseks (100 000 ja enam volti) ja juhitakse nn. kõrgepingeliinide kaudu alajaamadesse. Alajaamades asuvad jälle transformaatorid, mille abil vool transformeeritakse 110- või 220-voldiliseks. Sellise pingega läheb vool elanikkonnale kasutamiseks.

Ettevaatust! Kõrgepinge!

Kõrgepingejuhtmete puudutamine on surmav. Kõrgepingejuhtmetele visatud nööri või lati puudutamine on elukardetav. Ei tohi puudutada ka kõrgepingeliini poste ja viimaste tugesid, eriti vihmavalangute ajal.

On registreeritud surmajuhtumeid ja vigastusi ka tavalise majapidamisvoolu läbi. On kindlaks tehtud, et juba 60 volti võib teatud tingimustel olla ohtlik. Säärased tingimused võivad esineda järgnevates tegurites:

inimese keha takistus,
voolu teekond kehas,
voolu tugevus,
voolu mõju vältus,
vahelduvvoolu puhul ka sagedus.

Surm järgneb tavaliselt südamelihaste halvatuse tagajärjel. Vigastustena esinevad ka halvatused närvisüsteemis. Sagedased on hingamistsentri häired. Seepärast tehakse esmaabi korras arsti kohalejõudmiseni kannatanule kunstlikku hingamist.

Inimesele võib surmav olla 0,1—0,25-amprine vool. Halvatusi võib esile kutsuda aga juba voolutugevus 0,025 A. Eriti kardetav on väikese sagedusega vahelduvvool (seega ka tavaline majapidamisvool sagedusega 50 perioodi sekundis). Õige suure sagedusega vahelduvvool — 100 000 perioodi sekundis (tesla voolud) — ei ole elukardetav.

Kõige suuremaid võimalusi elektrivoolust tingitud õnnetuste tekkimiseks pakuvad niisked ruumid: vannitoad, keldrid, pesukojad, laudad, saunad jne. Seepärast tuleb juhtmed neisse kohtadesse üles seada suure hoolega ja kasutada kõige paremaid isoleermaterjale ja isolaatoreid. Palja jalu märjal põrandal asetsedes ja puudutades isoleerimata juhet või kontakti, läbib niiske põranda hea elektrijuhtivuse tõttu organismi tugev elektrivool. Kuid märja põranda puhul ei paku ka harilik jalanõu voolule nimetamisväärset takistust. Tabatuna tugevast voolust tõmbuvad liikumislihased krampi, ning vaatamata tahtele ei saa õnnetu end vooluallikast vabastada. See omakorda suurendab voolu läbimise aega ning raskendab õnnetu olukorda. Abistaja võib läheneda kummijalanõudes, kummiplaadil, klaasil. Tarviduse korral võib kasutada, mitte väga kõrge pinge puhul, ka kuiva puitkeppi.

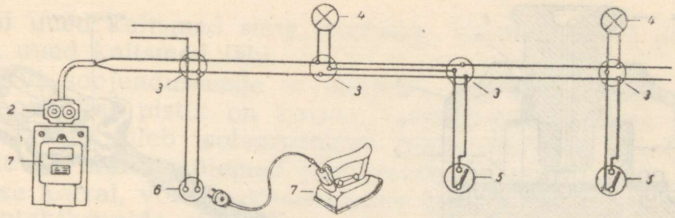
Olles teadlikud elektrivoolust tingitud õnnetustest ja tingimustest, mis neid õnnetusi võivad esile kutsuda, peame lähenema juhtmetele installatsioonirikete parandamisel vajaliku ettevaatusega. Siinjuures peab teadlik olema, et voolutarbija tohib teostada ainult pisirikete parandusi. Säärasteks oleksid rikked lambipesades, voolutarbijates, pistikupesades jne. — peamiselt rikked seespool korteri kaitsmeid. Riketest voolumõõtjas, juhtmete katkemisest jne. tuleb informeerida vooluandjat.

Joonisel 188 on toodud korteri elektriseadme osaline skeem.

Elektrivool saabub välisvõrgust läbi elamu sisestusliini kaitsmete ja haru-sisestusliini (abonendi) kaitsmete korterisse paigutatud arvestisse *1*. Edasi läbib vool korteri kaitsmed *2*. Harukarbist (harutoosist) *3* hargneb vool lampidesse *4*, seina-pistikupessa *6* jne.

Eriti osutub vajalikuks kaitsmete tundmine, seepärast neist vähe pikemalt. Kaitseelement koosneb kahest kaitsmepesast ja kaitsekorgist või kaitsepadrunist — kummagi juhtme jaoks üks.

Kaitsmepesa *1* (joon. 189) põhja ulatuva kontaktliistuga *2* ühendatakse elektrivõrk, keermega *3* tarbija. Kui kaitsekork või kaitsepadrun *4* on pesast eemaldatud või on sulavtraat *8* sulanud („läbi põlenud"), siis on vool korte-



Joon. 188. Korteri elektriseadme osaline skeem.

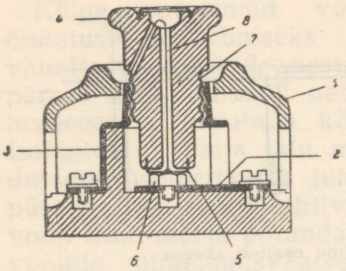
risse katkestatud. Keerame aga kaitsekorgi pessa, toetub tema kontaktjalg *5* kontaktliistusse keeratud sobituskruvile *6*. Samal ajal ühendub ka pesakeere *3* kaitsekorgi keermega *7*. Vool, lähtudes võrgust, läbib kontaktliistu, sobituskruvi, kontaktjala ja selle külge ühendatud sulavtraadi *8* ning siirdub läbi kaitsekorgi keerme pesakeermesse ja korteris olevatesse voolutarbijatesse.

Kaitsmete ülesandeks on kaitsta juhtmeid ülekoormuse, s. o. liiga tugeva voolu eest. Sest kui juhtmeid läbiks ootamatult ülemäära tugev vool, võiksid need voolusoojuse mõjul isegi hõõguma hakata ja tulekahju tekitada. Kaitsmed võimaldavad aga ainult teatud tugevusega voolu läbimist (korterikaitsmed taluvad 4 A). Muutub vool tugevamaks, siis „põleb" kaitse läbi. Muidugi ei põle kaitse, vaid kaitsmes olev peenike sulavtraadike sulab ja katkestab voolu juurdepääsu tarbijale. Põhjused, miks kaitse „läbi põleb" on:

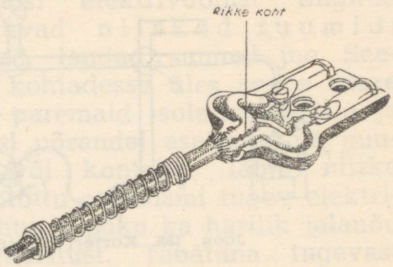
1) lühis,

2) ülekoormamine tarbijatega.

Kõige tavalisemalt tekivad lühised mitmesuguste küttekehade juhtmete isolatsiooni riknemiste ja juhtmete otsese kokkupuute tõttu. Näiteks on joonisel 190 kujutatud riista pistepesa. Sagedase tarvitamise tagajärjel on juhtmesoontel pistepea lähedalt isolatsioon hävinud — juhtmed on lühises. Säärase juhtme kasutamisel põlevad kaitsmed kohe läbi, sest peamine vool ei läbi nüüd enam mitte suure takistusega triikrauda, vaid väikese takistusega kokkupuutekohta. Et takistus on väike, on juhtmeid läbiv vool väga tugev — seetõttu sulabki kohe kaitsmetraadike, vältides sel teel võimalikke õnnetusi.



Joon. 189. Kaitseelement.



Joon. 190. Riista pistepesa.

Lamp ei põle.

Võimalikud ja omal käel parandatavad rikked:

1) kaitsmed on „läbi põlenud";
2) hõõglamp on „ „ ;
3) lüliti ei tööta;
4) lambipesa on rikkis;
5) rike asub harukarbis.

Keerame kõigepealt lambi tugevalt pessa. Kontrollime, kas naaberlamp põleb. Kui ka see ei põle, siis tuleb oletada, et sulavtraadike kaitsekorgis on katkenud. Asendame vana kaitsekorgi uuega. Hakkavad lambid jälle põlema, ei tarvitse me viga enam mujalt otsida.

Ei esine kaitsmetes rikkeid, siis vaatame, kas hõõgniit lambis on terve (silmaga kergesti nähtav). Kõige kindlam on siiski kontrollida mõne korrasoleva hõõglambiga. Lüliti, lambipesa ja harukarbi kontrollimiseks keerame kaitsmed välja. Seega katkestame voolu juhtmetes ja väldime võimalikke kahjustusi kontrollimisel.

Lüliti vaatlemisel eemaldame sellelt kaane ja jälgime, kas kontaktsillake ühendab kindlalt lüliti kontaktlehekesi. Vajaduse puhul võime nende seisu parandada painutamise teel. Samas kontrollime ka, kas juhtmeotsad kruvide all on kinni. Ka lambipesas ja harukarbis saame kontrollida ainult juhtmeotste seisukorda.

Nagu juba tähendatud, asuvad lühisekolded tavaliselt lahtiste juhtmete (keeduplaadi juhe, triikrauajuhe, lambijuhe jne.) pisteseadmeis.

Lühisekolle tuleb tingimata avastada ja parandada enne,

kui uued kaitsmed sisse keerame. Vastasel juhul põlevad ka uued kaitsmed läbi.

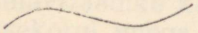
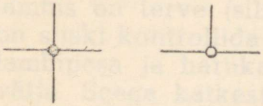
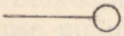
Kui soojendusseade ei soojene, siis kontrollime esmajoones, kas pistik on korras. Igasugused juhtmete paranduskohad tuleb isoleerpaelaga kinni mähkida. Isoleerida tulevad eraldi mõlemad juhtmesooned. Alles hiljem, vajaduse korral, võtame kütteseadme lahti ja uurime ühendusi kontaktkruvide all. Mõnel juhul saame küttetraadi jätkamise teel veel ajutiselt kütteseadet kasutada. Enamiku soojendusseadmete küttetraat on paigutatud isoleermassi või vilgukivi kihtide vahele. Nende riknemisel, aga ka iga lahtise kütteseadme küttetraadi läbipõlemisel, tuleb kütteseadme riknenud osa uuendada.

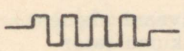
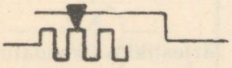
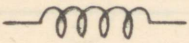
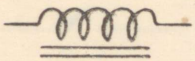
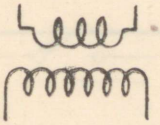
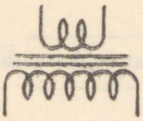
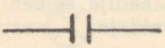
Uue küttetraadi (küttekeha) kütteseadmesse asetamisel keerame traadi otsad 2—3-kordselt kokku ja kinnitame selliselt mutrite alla.

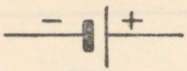
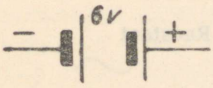
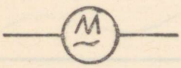
Spiraalse küttetraadi kütteseadmesse asetamisel on väga oluline kogu traadi spiraal ühtlaselt välja venitada. Jääb spiraal kohati tihedamaks, soojeneb see koht enam ja traat põleb sealt hoopis rutem läbi.

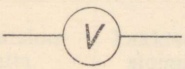
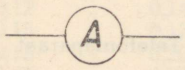
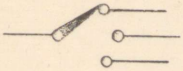
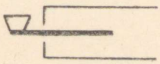
Tabel 1

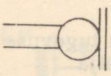
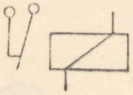
LEPPEMÄRKE.

Leppemärk	Nimetus	Kasutamine
	Alalisvool	
	Vahelduvvool	Tehniline vahelduvvool
	Juhe üldiselt	
	Liikuv juhe	
	Juhtmete ühenduskohad	
	Kontaktklemm või -kruvi	
	Maandus	

Leppemärk	Nimetus	Kasutamine
	Takisti	
	Reguleeritav takisti	Reostaat
	Pool ilma raudsüdamikuta	Omainduktsioonpool
	Pool raudsüdamikuga	Elektromagneti mähis
	Trafo ilma raudsüdamikuta	Tesla trafo
	Trafo raudsüdamikuga	Akulaadija trafo, sädeinduktor
	Kondensaator	Plokk-kondensaator, leideni purk

Leppemärk	Nimetus	Kasutamine
	Elektrokeemiline vooluallikas	Galvaani element, akumulaator
	Elektrokeemiliste vooluallikate patarei („6 V" näitab, et patarei kogupinge on 6 volti)	Järjestikku ühendatud elemendid (näiteks taskulambipatarei)
	Elektrimootor (alalisvoolu-)	
	Elektrimootor (vahelduvvoolu-)	
	Elektrigeneraator (alalisvoolu-)	
	Elektrigeneraator (vahelduvvoolu-)	Jalgrattageneraator
	Ventiilalaldaja (kolmnurga tipp näitab voolu suunda)	Akulaadija seleenalaldaja

Leppemärk	Nimetus	Kasutamine
	Voltmeeter	Pingemõõtja
	Ampermeeter	Voolu tugevuse mõõtja
	Galvanoskoop (voolunäitaja)	Multiplikaator
	Lüliti (katkesti)	
	Ümberlüliti	
	Morsevõti	
	Elektripirn	

Leppemärk	Nimetus	Kasutamine
	Elekterkõlisti	
	Mikrofon	Telefoniaparaat
	Telefon	Telefoniaparaat
	Relee	

Tabel 2

Andmeid vasktraadi takistuse kohta.

Läbimõõt mm				1 meetri traadi takistus oomides
Isolatsioonita	Lakkisolatsiooniga	Kahekordse siidisolatsiooniga	Kahekordse puuvillisolatsiooniga	
0,10	0,115	0,17	—	2,27
0,12	0,14	0,19	—	1,58
0,15	0,17	0,22	—	1,01
0,18	0,20	0,25	—	0,703
0,22	0,25	0,29	0,38	0,47
0,30	0,325	0,37	0,46	0,254
0,40	0,43	0,47	0,60	0,142
0,50	0,535	0,57	0,70	0,091
0,60	0,64	0,67	0,82	0,063
0,70	0,74	0,78	0,92	0,046
0,90	0,95	0,98	1,12	0,028
1,00	1,05	1,08	1,22	0,023

SISUKORD:

Saateks . . . . . .

Juhendeid ehitajale . . . . . .
§ 1. Tehniline kirjaoskus . . . . . .
§ 2. Tööriistad . . . . . .
§ 3. Materjalidest . . . . . .
§ 4. Töövõtted . . . . . .
§ 5. Poolide valmistamine . . . . . .

Magnetism . . . . . .
§ 6. Looduslikest ja kunstlikest magnetitest . . . .
§ 7. Magneti jaotatavus . . . . . .
§ 8. Magneetimisaparaat ja selle valmistamine . . .
§ 9. Kompassi ehitamine . . . . . .
§ 10. Matkaja kompass ja selle ehitamine . . . . .
§ 11. Magnetmootori ehitamine . . . . . .

Elektrostaatika . . . . . .
§ 12. „Hõõrdumiselekter" . . . . . .
§ 13. Elektroskoop . . . . . .
§ 14. Elektripendel . . . . . .
§ 15. Väävlipulgad . . . . . .
§ 16. Katseid . . . . . .
§ 17. Hõõrdumiselektri masinad . . . . . .
§ 18. Induktsioonelektri masina ehitamine . . . . .
§ 19. Katseid elektrimasinaga . . . . . .

Elektrodünaamika . . . . . .
§ 20. Elektrivool vedelikes . . . . . .
§ 21. Elektrivool, pinge, takistus . . . . . .
§ 22. Voolu ja pinge mõõtmine . . . . . .
§ 23. Kasutatavamaid elemenditüüpe . . . . . .
§ 24. Leklanšee elemendi ehitamine . . . . . .
§ 25. Patareid . . . . . .
§ 26. Elektrolüüs . . . . . .
§ 27. Galvaniseerimine . . . . . .
§ 28. Galvanoplastika . . . . . .
§ 29. Akumulaatorid . . . . . .
§ 30. Hapeakumulaatori ehitamine . . . . . .
§ 31. Valgus- ja soojusnähtused . . . . . .
§ 32. Kuumustraat-ampermeetri ehitamine . . . . .

§ 33. Termovool 87
§ 34. Elektrivoolu magnetiline toime 88
§ 35. Volt-ampermeetri ehitamine 91
§ 36. Elekterkõlistid 97
§ 37. Elekterkõlisti ehitamine 97
§ 38. Elekterkõlisti elektriseerimisaparaadina . . . 100
§ 39. Kättesaamatu metallraha 101
§ 40. Signaalseadmega kirjakast 101
§ 41. Elektrisulgurid 102
§ 42. Elektririivi valmistamine 102
§ 43. Häirekell 105
§ 44. Elektriline signaaltermomeeter ja selle ehitamine . 107
§ 45. Wheatstone'i sild 112
§ 46. Takistusmõõtja ehitamine 113
§ 47. Elektrimootor 118
§ 48. Elektrimootori ehitamine 119
§ 49. Elektriauto 125
§ 50. Elektriauto ehitamine 127
§ 51. Elektrirong 128
§ 52. Elektrirongi ehitamine 129
§ 53. Telegraaf 131
§ 54. Morsetähestik 133
§ 55. Morsevõtme ehitamine 134
§ 56. Vastuvõtuaparaadi ehitamine 135
§ 57. Telegrammide vahetamine 140
§ 58. Elektromagnetiline induktsioon 141
§ 59. Alalisvoolugeneraator 143
§ 60. Alalisvoolumootor 144
§ 61. Alalisvoolumasina ehitamine 145
§ 62. Alalisvoolumootori ehitamine 148
§ 63. Vahelduvvool ja transformaator 153
§ 64. Transformaatori töötamise põhimõte 153
§ 65. Akulaadija 154
§ 66. Akulaadija ehitamine 154
§ 67. Aku laadimine 158
§ 68. Aku laadimine tuulegeneraatori abil 158
§ 69. Tuulegeneraatori ehitamine 158
§ 70. Telefon 164
§ 71. Telefoni valmistamine 166
§ 72. Mikrofoni valmistamine 168
§ 73. Induktsioonpool 171
§ 74. Induktsioonpooli valmistamine 171
§ 75. Üksikosade proovimine 172
§ 76. Telefoniseade 173
§ 77. Telefoniaparaat 174
§ 78. Sumisti 177
§ 79. Sumisti ehitamine 178
§ 80. Sädeinduktor 179
§ 81. Sädeinduktori ehitamine 180
§ 82. Katseid sädeinduktoriga 191

§ 83. Katseid suursagedusega 192
§ 84. Elektromagnetiline võnkumine 193
§ 85. Lisaseadmed katseteks 194
§ 86. Katseid võnkeringiga 198
§ 87. Elektrilainete levimine ruumis 199
§ 88. Katse geissleri toruga 200
§ 89. Katse kõlistiga 202
§ 90. Elektrilainete nähtavakstegemine 205
§ 91. Seibti pooli ehitamine 206
§ 92. Katse seibti pooliga 207
§ 93. Katseid kiirgavate poolidega 208
§ 94. Tesla trafo 209
§ 95. Tesla trafo ehitamine 209
§ 96. Katseid tesla trafoga 210
§ 97. Elektri-installatsioonist 212

Mitmesugust 216
§ 98. Detektorvastuvõtja 216
§ 99. Automaatlüliti 219
§ 100. Automaatlüliti ehitamine 219
§ 101. Majapidamisvool 222

Tabel 1. Leppemärke 228
Tabel 2. Andmeid vasktraadi takistuse kohta . 233

Teine trükk.

Vastutav toimetaja R. Mägi.

Kaanejoonise valmistanud K. Vanaveski.

Joonestused valmistanud R. Hollmann ja A. Kroon.

Tehniline toimetaja E. Plaks.

Korrektorid I. Aron ja M. Amon.

Ladumisele antud 7. VII 1951. Trükkimisele antud 11. I 1952. Paber 56:79 cm $^1/_{16}$. Trükiarv 5000. Trükipoognaid 14,75+4 pildi tahvlit. Formaadile 60:92 kohaldatud trükipoognaid 12,3. Arvutuspoognaid 12,04. MB-00018. Tellimise nr. 1267. Trükikoda „Punane Täht", Tallinn, Pikk tän. 54/58.

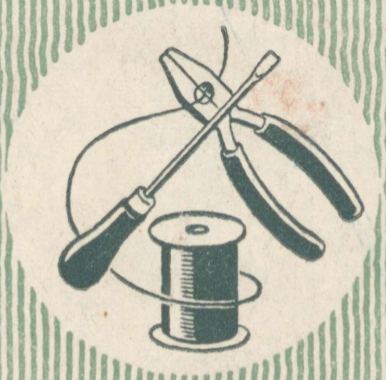
На эстонском языке.

Д. Вардя и Э. Ваннас. «Молодой электрик».

Hind rbl. 4.—

A
19302

Rbl. 4.—



TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00870078 5