

17942
G. FALEJEV JA A. PJORŌŠKIN

FÜÜSIKA

7.

KLASSILE

RK
PEDAGOOGILINE KIRJANDUS

ARH

A- 17942

Sundeksemplar

G. FALEJEV JA A. PJORÕŠKIN

FÜÜSIKA

VII KLASSILE

RK

„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“

TALLINN 1949



15024

Kinnitatud Eesti NSV Haridusministeeriumi poolt.

A-17942

ARHIIVKOGU

E L E K T E R .

I peatükk.

SISSEJUHATUS.

1. **Teatmeid elektri ajaloost.** Vaatamata sellele, et seesugused elektrilised nähtused nagu äike olid tuntud juba ürginimesele, teati kuni XIX saj. elektrist väga vähe. «Elektri üle saime teada midagi mõistlikku vaid sellest ajast peale,» ütleb Engels, «kui avastati tema tehnilise rakendamise võimalused.» Elektri tundmaõppimine arenes väga aeglaselt tempos. Alles XIX sajandi alguseks tutvusid inimesed elektrivooluga.

Juba esimene tutvus elektrivooluga avastas rea voolu omadusi, mida võis ära kasutada praktilisteks otstarveteks.

1802. a. näitas vene õpetlane P e t r o v, kuidas elektri abil võib saada heledat valgust.

1804. a. ehitab itaalia õpetlane N e g r o esimese elektrimootori.

Elektrivool kandub juhtmeid mööda edasi ülikiiressi. See omadus, mis on väga väärtuslik signaalide kiireks edasiandmiseks, kasutati ära esimeste raudteerongide liiklemise teenindamiseks, millised liikusid tolle aja kohta ennekuulmatu kiirusega.

Rongide liiklemise teenindamise huvides oli vajalik signaalide kiire edasiandmine rongi väljumise, peatamise, teerikke

jne. puhul. Seepärast nõudis uus liiklemistehnika ka uusi sidevahendeid. Lahendades antud tehnilist ülesannet elektri ära kasutamiseks sidepidamise otstarbel, avastas teadus ja uuris läbi rea elektrivoolu seadusi.

Kõiki avastusi ei olnud võimalik praktilisteks otstarveteks ära kasutada, sest voolu saamise viisid ise olid väga ebatäiuslikud. Alles 1831. a. leiab inglise õpetlane Faraday meetodid mehaanilise energia muundamiseks elektrienergiaks, ja veel samal aastal ehitatakse esimene masin mehaanilise energia muundamiseks elektrienergiaks.

On täiesti arusaadav, et esimene masin oli väga ebatäiuslik ja selle tundmaõppimine ning täiendamine nõudis realt õpetlasilt ja leiutajailt kehtvat tööd.

Faraday avastusest kuni esimese praktiliselt kõlbliku dünamomasina ehitamiseni kulus üle 40 aasta. Alates XIX sajandi lõpust hakkab elektrienergia kasutamine tööstuses laialt arenema.

1876. a. seatakse Pariisi puiesteedel sisse elektrivalgustus vene inseneri J a b l o t š k o v i seadiste abil.

1879. a. leiutab Edison oma elektrihoõglambi, mille tagajärjel elektrienergiat hakatakse laialt kasutama valgustuse otstarbel.

1882. a. ehitati New Yorgis esimene elektrijaam ja samal ajal leidis prantslane Marcel Deprez (l. döpré) elektrienergia edasiandmise viisi suurtele kaugustele.

Praegusel ajal tunneb igaüks elektrienergia arvukaid rakendamiseviise tööstuses, igaüks võib tähele panna, kuidas elektrienergia asendab tööstuses muid energia liike. Igaüks teab hulga ehitatud ja ehitatavaid elektrijaamu, mis muundavad langeva vee või kütuse energia elektrienergiaks ja annavad selle edasi suurtele kaugustele mitmekesiseks kasutamiseks.

Elektrifikatsioon, mis haarab elektrivooluga kogu tööstuse, põllumajanduse, transpordi, kogu igapäevase elu — selline on

inimtehnikaga arenemise viimane sõna, mille saavutamiseks on kulunud paljusid kümneid tuhandeid aastaid.

Teaduse ja tehnika ühise jõupingutuse tulemuseks olid mitte ainult tehnilised saavutused. Elektri põhjalikum uurimine võimaldas teadusel heita sügavat pilku aine enda ehitusse; õpetus sellest, kiiresti arenedes, avab teadusele ikka uusi horisonte.

2. Elekter rahvamajanduses. Tööstuses paneb elektrienergia liikuma terve rea mehhanisme, ta teenindab tehase elektriühjuseid ja teda rakendatakse tehnilistes protsessides. Põllumajanduses kasutatakse elektrit alates suurtest töödest niisutuse ja põllumajanduslike seadeldiste teenindamise alal ning lõpetades väikeste töödega nagu elektrilüps, loomatoidu lõikamine ning soojendamine jne.

Elektri abil antakse telegramme tohutu kiirusega edasi juhtmeid kaudu ja isegi ilma igasuguste juhtmeteta, teostades kiiret sidet üksteisest kaugel asuvate kohtade vahel; elektrirongid, tramm ja maa-alune raudtee veavad laadungeid ja reisijaid.

Elektri abil on võimalik tööstuslikes keskustes ära kasutada kaugelasuvate jõujaamade energiat; elektri-keskjaamade võrk kasutab kohalikke odavaid jõuallikaid elektrivoolu saamiseks ja annab nende energia edasi suurte kauguste taha.

Selline jõujaamade võrk on ehitusel ka meie Liidus. 1932. a. lõpetati grandioosseima jõujaama — Dnepri Hüdroelektrijaama ehitamine.

3. Elekter sõjaasjanduses. Sõjatehnikas leiab elekter laialdast rakendamist side-, lahingu- ja abiteenistuse pidamisel. Telefonid, mis harilikult on kinnitatud seinale, muutusid väli-telefonideks, mis on kiiresti ja kergesti ülesseatavad peaaegu igal pool; nende ülesanne laienes: nad muutusid sidepidamise vahendist luure vahendiks — vaenlase kohta teadete kogumise vahendiks. Ehitades erilisel viisil liine ja kasutades või-

mendajaid, taotellakse võimalust kuulata vaenlase telefoni-kõnesid.

Elektrit kasutatakse iselõhkevate või jaamamiinide ja fугasside lõhkemapanemiseks. Esimesi paneb vaenlane ise lõhkema, kui astub neile peale. Teisi pannakse lõhkema jaa-mast, kust jälgitakse vaenlase liikumist. Peale miinide lõhke-mapanemise kasutatakse elektrit ka traataedade elektrisee-rimiseks, mille puudutamine on elukardetav.

Lahingus kasutatakse elektrit tervete suurtükiväe patareide tegevussepanemiseks. Elektri abil saavutatakse kiire ja täpne sihtimine, kahuri laadimine ja tulistamine. Kuid vähe sellest: käesoleval ajal lendavad juba oma rooli ise reguleerivad aero-plaanid, millede juhtimist toimetatakse maapinnalt. Maapin-nalt raadio kaudu antud käskluse järgi muudavad aeroplaa-nid lennu suunda, viskavad alla pomme ja pöörduvad tagasi. Täpselt samuti võib kaugelt juhtida laevu ja panna neid tulistama.

II peatükk.

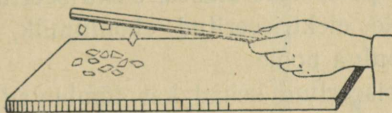
ALGTEADMISI ELEKTRIST.

4. **Elektriseerimine.** Sõna elekter tuleneb kreekakeelsest sõnast **elektron**, mis tähendab «merivaik». Juba kauges mine-vikus oli teada, et villase riidega hõõrutud merivaik tõmbab külge kergeid esemeid. Arvati, et see omadus on ainult meri-vaigul, mispärast seda nimetatigi elektriliseks omaduseks.

1600. a. leidis inglane Gilbert, et elektrilisi omadusi evib mitte üksnes hõõrutud merivaik.

Paberitükikesi tõmbavad külge: kaleviga hõõrutud kirja-lakk (joon. 1), villa või karusnahaga hõõrutud eboniit ja sii-diga hõõrutud klaaspulk. Ka täiesti kuiv käega hõõrutud pabe-rileht ilmutab elektrilisi omadusi.

Elektriseerumist hõõrumise mõjul võib väga tihti tähele panna. Kuivade ja puhtate juuste kammimisel eboniidist kammiga elektriseeruvad juuksed ja kamm: kammimisel on kuulda raginat, pimedas võib tähele panna väikesi sädemeid, juuksed hoiuvad halvasti üksteise ligidale ja kamm tõmbab külge paberitükikesi ning teisi kehi.



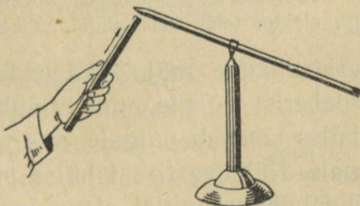
Joon. 1. Kaleviga hõõrutud kirjalakk tõmbab külge paberitükikesi.

Rihma hõõrdumisel vastu rihmaratast rihm elektriseerub. Kuivas ruumis võib rihma elektriseerumine olla niivõrd suur, et tekivad sädemed. Sädemete tekkimine on üsna kardetav, kui ruum, kus nad tekivad, on täidetud kuiva kergesti plahvatava tolmuuga. Neil juhtudel tuleb tähelepanelikult jälgida ruumide olukorda ja takistada sädemete tekkimist.

Küsimusi.

1. Kust tuleneb sõna «elektter»?
2. Milliste katsetega võib näidata elektri tekkimist hõõrumise teel?

5. **Kahte liiki laengud.** Hõõrume kahte eboniitpulka kalevilapiga. Asetanud ühe pulga mingile teravikule nii, et ta võiks pöörelda, lähendame sellele teise pulga (joon. 2). Me märkame, et eboniitpulgad tõukuvad teineteisest eemale.



Joon. 2.

Täpselt samaseid tagajärgi saavutatakse, kui eboniitpulkade asemel võtta klaaspulgad ja neid hõõruda elavhõbeda ja tsingilahusega — tsinkamalgaamiga — kaetud nahaga.

Lähendame elektriseeritud eboniitpulgale nahaga hõõrutud klaaspulga ja me näeme, et eboniitpulk tõmbub klaaspulga poole.

Kui asetada pöörlevale alusele elektriseeritud klaaspulk ja lähendada sellele elektriseeritud eboniitpulk, siis klaaspulk tõmbub eboniitpulga poole.

Niisiis elektriseeritud kehad kas tõmbuvad üksteise poole või tõukuvad üksteisest eemale. Tähendab, **on olemas kahte liiki elektrilaenguid.**

Elektrilaengud, mis tekivad eboniitpulgal kalevilapiga hõõrumisel, nimetatakse **negatiivseteks**, laengud aga, mis saadakse klaasil nahaga hõõrumisel — **positiivseteks**. Võrdsete positiivsete ja negatiivsete laengute ühendamisel mingil kehal keha ei ilmuta elektrilisi omadusi.

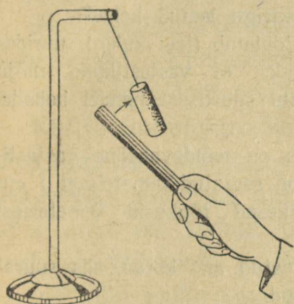
Elektriseerime kahte hülssi, mis ripuvad siidniitide otsas, puudutades ühte elektriseeritud eboniitpulgaga, teist elektriseeritud klaaspulgaga. Neid hülssse lähendades tõmbavad nad teineteist ligi, aga puudutanud teineteist, jäävad rippuma, nagu oleksid nad laengu kaotanud.

Küsimusi.

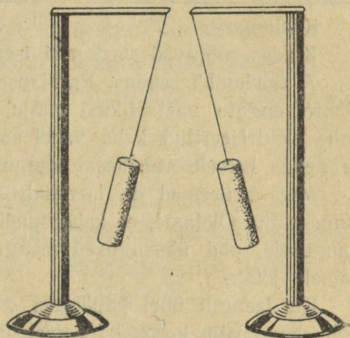
1. Milliste katsete abil on tehtud kindlaks kahte liiki elektrilaengute olemasolu?
2. Missugust kahte liiki elektrit saadakse hõõrumise teel?
3. Millist elektrit nimetatakse negatiivseks, millist positiivseks?
4. Millise märgiga elekter tekib klaaspulgal nahaga hõõrumisel?

6. Laengute vastastikune mõju. Lähendame elektriseeritud eboniitpulga paberist hülssile, mis ripub siidniidi otsas (joon. 3). Algul hülss läheneb pulgale, siis puudutades seda, tõukub sellest eemale. Nähtavasti sai hülss pulka puudutades laengu, mis on ühenimeline pulgal oleva laenguga — nega-

tiivse laengu. Seda oletust võib tõestada, lähendades varem laetud hülsile elektriseeritud klaaspulga. Hüls, mis äsja tõukus eboniitpulgast eemale, tõmbub klaaspulga külge.



Joon. 3.

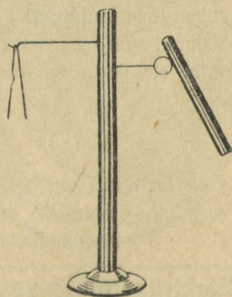


Joon. 4. Ühtemoodi elektriseeritud hülsid tõukavad teineteist eemale.

Laeme kaks hüls, mis ripuvad siidniitide otsas, ühesuguste laengutega; selleks puudutame hülsse laetud eboniitpulgakesega. Kui lähendame neid, mille otsas ripuvad hülsid, siis näeme, et need tõukavad teineteist eemale (joon. 4).

Metalltraadil, mis on kinnitatud eboniidist alusele, ripub kahekorra murtud hülsipaberi riba (joon. 5).

Kui puudutame seda riba elektriseeritud pulgaga, siis selle mõlemad otsad elektriseeruvad ühtmoodi ja me näeme, et pabeririba otsad eemalduvad teineteisest.



Joon. 5. Traadi puudutamisel laetud pulgaga pabeririba otsad eemalduvad teineteisest.

Nende katsete alusel teeme järelduse:

kehad, mis on laetud ühenimelise elektriga, tõukuvad teineteisest eemale; isenimelise elektriga laetud kehad aga tõmbuvad teineteise poole.

Küsimus.

Kuidas mõjuvad vastamisi isenimelise elektriga laetud kehad?

7. **Coulomb'i seadus.** Prantsuse õpetlane Coulomb (loe: kulón), uurides elektrilaengute vastastikust mõju, tegi kindlaks, et vastastikune mõju kahe elektriseeritud keha vahel sõltub laengute suurusest nendel kehal ja nende kehade vahelisest kaugusest.

Mida suuremad on laengud, seda suurem on nendevaheline vastastikune mõju. Oletame, et kahel kuulikesel, mis on asetatud teineteisest 1 cm kaugusele, olid ühesugused laengud ja kuulikesed tõukusid teineteisest eemale jõuga f .

Kui laengut ühel kuulikesel suurendada teatud arv korda, siis suureneb sama palju korda ka eemaletõukamise jõud.

Kui ka teisel kuulikesel suurendada laengut, siis suureneb võrdeliselt tõukamise jõud.

Tähendab, elektrilaengute vastastikune mõju muutub võrdeliselt laengute suurusega. Kui kuulikeste kaugust vähendada, siis, nagu tegi kindlaks Coulomb, kauguse vähenedes 2 korda, suureneb vastastikune mõju 4 korda, kauguse vähenedes 3 korda, suureneb vastastikune mõju 9 korda.

Coulomb leidis, et vastastikune mõju on pöördvõrdeline laengutevahelise kauguse ruuduga.

Valinud jõu ja laengu suuruse mõõtmiseks vastavad ühikud, võime Coulombi arvukate katsete tagajärgi väljendada järgmise valemiga:

$$f = \frac{e \cdot e_1}{r^2},$$

kus f on laengute vastastikune mõju,

e ja e_1 — laengute suurus,

r — nendevaheline kaugus.

Elektrilaengute vastastikune mõju on võrdeline laengute korrutisega ja pöördvõrdeline nendevahelise kauguse ruuduga.

Seda seadust nimetatakse Coulomb'i seaduseks.

8. **Elektroskoop.** Et selgitada, missuguse laenguga ja millisel määral antud keha on elektriseeritud, kasutatakse elektrooskoobe.

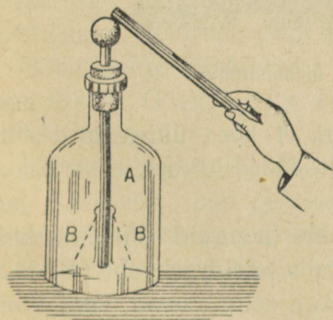
Joonisel 6 kujutatud elektroskoop koosneb metalsest varrast *A*, millele on kinnitatud kaks pabeririba *B*. Varras paigutatakse eboniitkorgi abil klaasist ümbrise sisemusse.

Kui laadida elektroskoobi varrast, siis elektriseeruvad ka paberiribad. Elektriseeritud ribad, tõukudes teineteisest, eemalduvad vähema või suurema nurga all.

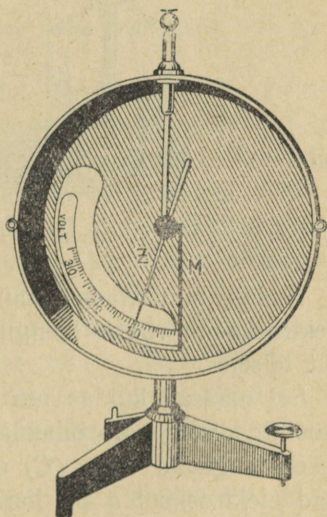
Kui laetud elektroskoobile lähendada keha, mis on laetud samanimelise laenguga, siis eemalduvad elektroskoobi lehekesed veelgi suurema nurga alla. Lähendades elektroskoobile keha, mis on laetud teisenimelise laenguga, me näeme, et nurk elektroskoobi lehekese vahel väheneb.

Nii võib elektroskoobi abil kindlaks määrata, millise laenguga on elektriseeritud üks või teine keha.

Elektroskoobil, mis on kujutatud joonisel 7, on metallkesta



Joon. 6. Elektroskoop.



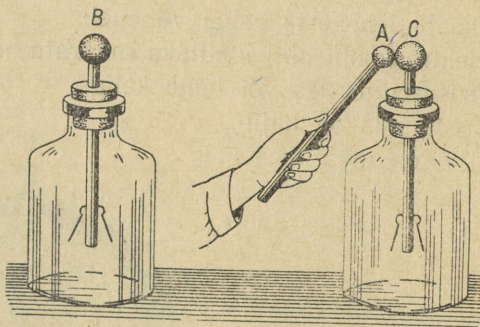
Joon. 7. Elektroskoop.

sisemuses keskkoha läbistavale teljele kinnitatud paberiribade asemel kergelt liikuv osuti *Z*.

Varda *M* laadimisega eemaldub osuti vardast teatud suurusega nurga alla, olenevalt laengu suurusest.

9. Juhid ja isolaatorid. Laeme võimalikult tugevamini paberilehekestega elektrooskoobi ja lähendame elektrooskoobi kuulikesele väikese metalse laadimata kuulikesega *A*, mis on kinnitatud eboniidist käepidemele (joon. 8).

Kui puudutada elektrooskoobi kuulikest *B* kuulikesega *A*, siis läheb osa elektrooskoobi laengust üle kuulikesele *A*, milles võime veenduda, kui viime kuulikesega *A* teisele laadimata elektrooskoobile *C* (joon. 8).



Joon. 8. Laengu ülekandmine.

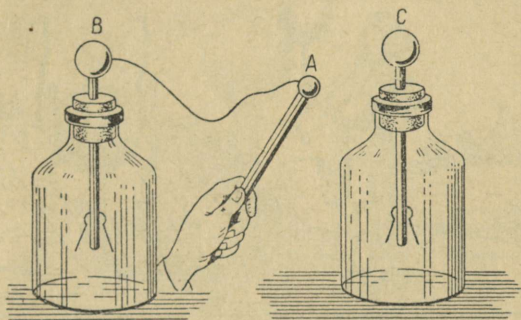
Niisiis, puudutades kuulikesega *A* kord ühte, kord teist elektrooskoopi, võime laengu kanda üle esimeselt elektrooskoobilt teisele.

Sel määral, kuidas me kanname laenguid ühelt elektrooskoobilt teisele, võib täheldada, et ühe elektrooskoobi (*B*) lehekesed langevad, teise (*C*) omad aga eemalduvad, kuni mõlemad elektrooskoobid on laetud ühtemoodi.

Asetame elektrooskoobid teineteisest võimalikult kaugemale

ja seome ühe (*B*) külge kuiva linase niidi sellises pikkuses, et seda oleks võimalik tõmmata kuni teise elektrooskoobi (*C*). Niidi vaba otsa seome eboniidist käepidemega kuulikesega *A* külge (joon. 9).

Laeme elektrooskoobi *B* ja vaatame, kas pole võimalik laengut elektrooskoobilt *B* niiti mööda kanda üle elektrooskoobile *C*.



Joon. 9. Laengu üleandmine linase niidi kaudu.

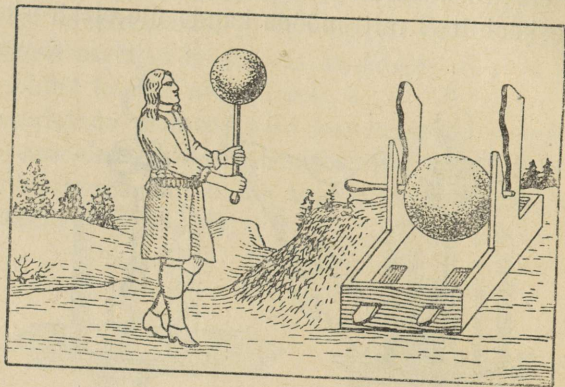
Puudutades niidiga varustatud kuulikesega *A* elektrooskoopi *C*, me märkame, et elektrooskoobi *B* lehekeseid veidi langevad, aga elektrooskoobi *C* lehekeseid eemalduvad. Tähendab, osa laengut elektrooskoobilt *B* kandus üle elektrooskoobile *C*.

Seda laengu üleandmist ühelt kehalt teisele vaatles esimesena Otto Guericke (loe: gerike), kes ehitas elektrisaamiseks masina.

Guericke masin koosnes väävlist valmistatud suurest kerast (joon. 10), mis pöörles puust teljel. Kera pöörlemisel Guericke hõõrus seda kätega. Selline keha elektriseerus märksa tugevamini kui merivaigu tükikesed, milledega katsetas Gilbert.

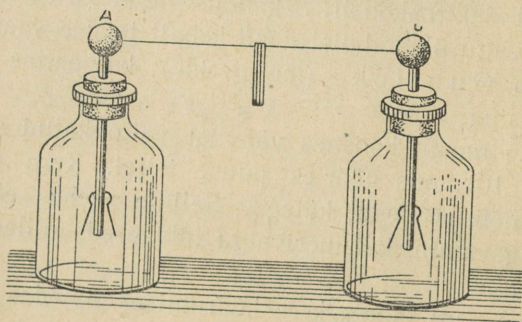
Guericke pani tähele kera hõõrumisel pimedas toas helenust, mida saatis nõrk ragin. Ühe katse juures tegi Guericke

kindlaks, et elekter võib levida linast niiti mööda. Teiste teadlaste uurimused, kes püüdsid elektrit masina juurest anda edasi mõnesugusele kaugusele, tegid kindlaks, et iga aine juhib elektrit isemoodi.



Joon. 10. Otto Guericke masin.
Paremal — masina kujutis. Vasakul — väävelkuul, mis on võetud masinalt katsetamiseks.

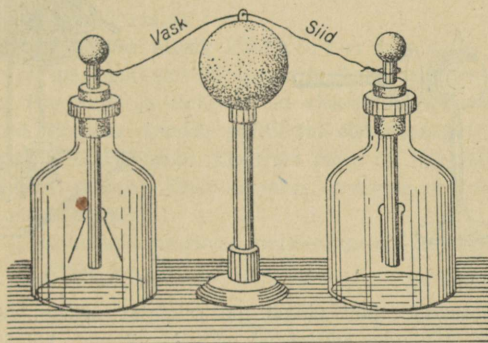
Lükkame elektroskoobid *A* ja *C* teineteisele lähemale, ja laadinud neist ühe, ühendame nende kuulikesed mitmesugu-



Joon. 11.

sest materjalist traatide ja plaatidega. Seejuures on kerge kindlaks teha, et metalltraate mööda laengud lähevad üle, aga eboniitpulka või siidiniite mööda laengud üle ei lähe.

Kehi, mida mööda laengud kanduvad ühest punktist teise, nimetatakse juhtideks. Kehi, mida mööda laengud edasi ei kandu, nimetatakse isolaatoriteks¹ (joon. 12).



Joon. 12. Juht ja isolaator.

Et juht hoiaks alal temale antud laengu, eraldatakse ta teistest juhtidest isolaatorite abil. Sellise isoleerimise näiteid me nägime katsete juures. Paberist hülsid olid riputatud siidiniitide külge, mitmesugused riistad olid asetatud alusele, mis olid valmistatud isolaatoreist — eboniidist või klaasist.

Peab tähendama, et täiuslikke isolaatoreid pole olemas.

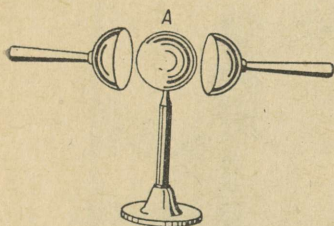
10. Elektri jaotumine juhtidel. Laeme isoleeritud metallkera A (joon. 13), hoides klaasist käepidemetest kahte metallist poolkera, ja katame nendega kera nii, et poolkerad seda puudutaksid. Pärast seda võtame poolkerad ära. Uurimused elektrooskoobiga näitavad, et kera kaotas laengu, poolkerad aga said laengu.

Joonisel 14 on kujutatud peenikestest painduvaist traatidest võrk, mis

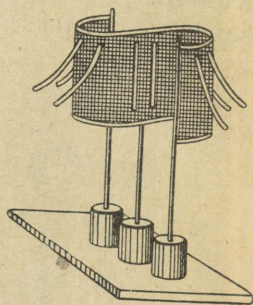
¹ Isolaator tuleneb itaaliakeelsest sõnast *isolare* — eraldama.

on kinnitatud isoleerivaile aluseile. Võrgu mõlemale küljele on kleebitud paberiribakesed. Koolutades võrku, võib sellele anda igasugust kuju. Kui võrku laadida elektriga, siis tõukuvad paberiribakesed võrgu kumeral pool-
 lel võrgust eemale, nõgusal poolel aga jäävad endisse asendisse.

Need katsed näitavad, et juhtidel jaotub elekter ainult välisele pinnale.



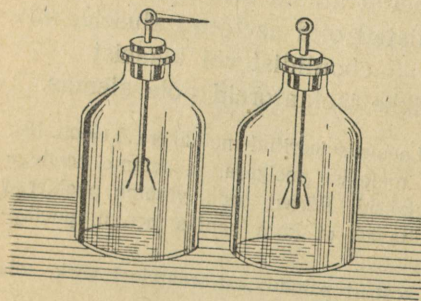
Joon. 13



Joon. 14.

Elektri jaotumine juhi pinnal on seletatav sellega, et ühenimelise elektri osakesed, tõukudes üksteisest eemale, võtavad kõige äärepoolsema asendi — juhi välispinna, kust nad samuti püüavad eemalduda, kuid seda takistab õhk — isolator.

Kuid juhi pinnal jaotuvad laengud mitte alati ühtlaselt. Katsed näitavad, et mida teravamad on juhi otsad, seda suurem on elektri hulk juhi pinna iga ruutsentimeetri kohta.



Joon. 15.

Kui elektriseerida tugevasti mingit keha, mille pinnal on teravik, siis selle pinna iga ruutsentimeetril on nii suur elektri hulk, et teravikuga kokkupuutuvad õhuosakesed hakkavad kiiresti elektriseeruma, ja tõukudes teravikust eemale, viivad enesega kaasa teraviku laengut. Me täheldame teraviku lähedal laetud õhuosakese liikumist — «elektrituult», mis on suuteline laadima teraviku kõrval olevat laadimata keha (joon. 15).

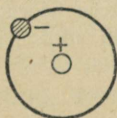
Küsimusi.

1. Kuidas jaotuvad elektrilaengud juhtidel?
2. Millega seletada, et elektrilaengud jaotuvad ainult juhi välispinnale?
3. Kas jaotub elekter juhi pinnal ühtlaselt?

11. **Aine elektriline ehitus.** Kõik kehad koosnevad molekulidest. Molekulid koosnevad veelgi väiksematest osadest — aatomitest. Aatomeid peeti kaua kõige väiksemaiks jagamatuiks osadeks. Käesoleval ajal on mitte ainult see kindlaks tehtud, et aatomi võib jagada väiksemateks osadeks, vaid on teada ka aatomi ehitus.

1913. a. esitasid inglise füüsik Rutherford ja taani füüsik Bohr teooria sellest, et iga aine aatomi koosseisu kuuluvad prootonid ja elektronid. Prootonid ja elektronid on väikseimad käesoleval ajal tuntud aineosakesed. Prooton kannab positiivset elektrilaengut. Elektron on negatiivse elektriga väikseim osake. Elektroni mass on ligi 2000 korda väiksem vesiniku aatomi massist. Protoni mass on elektroni massi võrra vesiniku aatomi massist kergem.

Prootonid ja elektronid kuuluvad mitmesuguseis kombinatsioonides iga-aastaste ainete aatomite koosseisu.



Joon. 16. Vesiniku aatomi ehitus.

Kõige lihtsam on vesiniku aatomi ehitus; ta koosneb ühest prootonist ja ühest elektronist. Aatomi keskel asub võrdlemisi massiivne prooton, mille ümber liigub elektron (joon. 16). Oma liikumisel prootoni ümber hoitakse elektron kinni selle külgetõmbejõuga, mis on olemas iseliigiliste laengute vahel. Kuna vesiniku aatom tervikuna ei ilmuta laengut, siis prootoni ja elektroni laengud on võrdsed.

Muude elementide aatomid, millel on keerukam ehitus, koosnevad positiivselt laetud kesksest tuumast ja elektronidest, mis ringlevad tuuma ümber; elektronide arv aatomis on võrdne prootonite arvuga, mistõttu aatom harilikelt tingimustes ei ilmuta elektrilaengut.

Küsimusi:

1. Mis on prooton ja elektron?
2. Milline on vesiniku aatomi ehitus?

12. Elektriseerimisnähtuse seletus aineehituse elektroniteooria alusel.

Kui hõõruda eboniiti karusnahaga, mis on kinnitatud isoleerivale käepide-mele, siis võib veenduda, et elektriseeruvad nii eboniit kui karusnahk, kuid nende elektriseerumine on vastupidine: eboniit elektriseerub negatiivselt, nahk aga positiivselt. Kui lähendada eboniit ja nahk elektroskoobile üheaegselt, siis elektroskoop ei ilmuta elektriseerumist. Seda nähtust võib seletada järgmiselt.

Mitmesuguste elementide aatomeis on olemas elektronid, mis võrdle-misi suure kauguse tõttu keskest tuumast on allutatud tuuma mõjule nõrgalt. Need elektronid eralduvad oma aatomeist kergesti kehade hõõru-misel ja paljudel muudel põhjustel. Metallides võivad nad aatomite ja mole-kulide vahel liikuda. Kui keha pole laetud, siis on temas ühesugune hulk positiivseid ja negatiivseid laenguid. Kui aatomid mõningais tingimustes kaotavad osa elektrone, siis keha elektriseerub positiivselt. Eboniitkepikese hõõrumisel nahaga läheb osa elektrone nahalt eboniidile, ja kuna eboniit on isolaator, siis sinna nad jäävadki. Karusnahk aga, kaotanud osa elektrone, osutub positiivselt elektriseerituks. Klaasi hõõrumisel nahaga annab klaas osa oma elektronidest nahale, mille tagajärjel klaas elektriseerub positiiv-selt, nahk aga negatiivselt.

Katsed näitavad, et kahe keha hõõrumisel tekib ühel negatiivne elek-ter, teisel aga positiivne ja alati võrdsel hulgal.

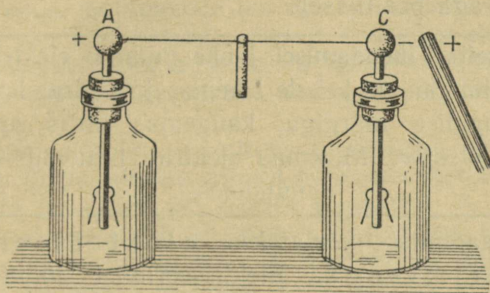
Küsimus.

Kuidas võib seletada elektriseerumise nähtust hõõrumise puhul?

13. Elektiseerimine indutseerimisega. Laetud klaaspulga lähendamisel elektroskoobile võib täheldada, et veel enne, kui pulk puudutab elektroskoopi, eemalduvad selle lehekesed üks-teisest. Lähendame elektroskoobile laetud pulga, puudutamata selle kuulikest. Lehekesed eemalduvad — tähendab, elektro-skoop on laetud. Eemaldame pulga elektroskoobi juurest. Lehekesed langevad alla.

Selgitame, kust ilmuvad laengud elektroskoobile ja kuhu nad kaovad. Ühendame kaks elektroskoopi traaditükiga, mille keskel on eboniidist käepide. Lähendame (kuid ei puuduta) ühele elektroskoobile elektriseeritud pulga. Mõlemad elektro-skoobid osutuvad laetuks (joon. 17). Kui eemaldada laetud

pulk, kaotavad elektroskoobid laengu, mida nägime varem ka ühe elektroskoobi juures. Kordame katset, kuid kui elektroskoobid on saanud laengu, kõrvaldame neid ühendava traadi.

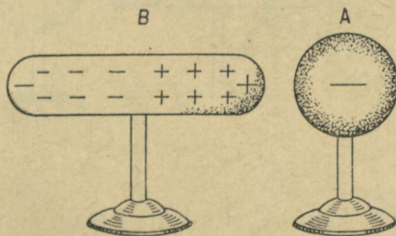


Joon. 17.

Nüüd jäävad laetud pulga eemaldamisel mõlemad elektroskoobid laetuks. Ühendame elektroskoobid traadiga — nad kaotavad laengu (lehekesed langevad alla).

Kuhu kadusid laengud elektroskoopidelt?

Ära minna nad, ei võinud, sest ühendades elektroskoope



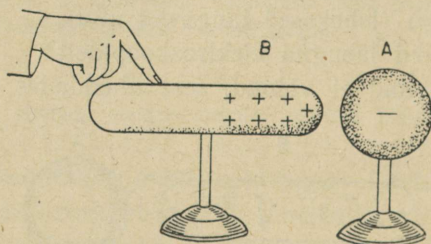
Joon. 18.

traadiga, me hoidsime traati eboniidist käepidemega, eboniit aga on isolaator. Jääb üks oletus: laengud elektroskoopidel olid erinevate märkidega ja elektroskoopide ühendamisel ühe laengu mõju hävitas teise mõju.

Kordame katset, ja kuni elektroskoobid on teineteisest eraldatud, lähendame neile kordamööda laetud klaaspulga. Klaaspulgale lähim elektrooskoop osutub laetuks negatiivselt, kaugemal olev aga positiivselt.

Laetud keha lähendamisel juhile muutub elektrilaengute asetus juhis: laetud kehale lähemas juhi otsas ilmub elekter vastupidise märgiga, kaugemas otsas aga sama märgiga elekter. Mõlemad elektrid ilmuvad võrdsetes hulkades.

Sellist laadimist nimetatakse elektriseerimiseks indutseerimisega. Elektriseerimist indutseerimisega võib seletada nii: negatiivselt laetud keha *A* lähendamisel laadimata juhile *B* viimase vabad elektronid, tõukudes keha *A* negatiivsest laengust, asetuvad juhi vastasotsale. Keha *B* üks ots elektriseerub positiivselt, teine negatiivselt.



Joon. 19.

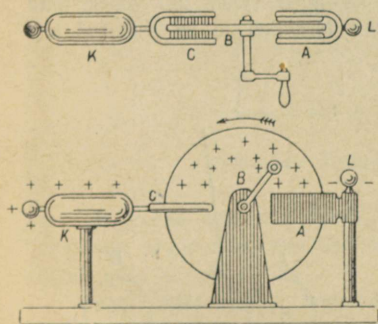
Kui eemaldada keha *A*, siis kehas *B* ümberasetunud elektronid tõmmatakse uuesti positiivselt laetud aatomi osade poole ja meie ei märka enam juhis *B* laengut. Kui keha *A* uuesti lähendada kehale *B* ja ühendada keha *B* maaga, puudutades kasvõi sõrmega keha *B*-d, siis elektronid, püüdes kehast *A* tõukuda võimalikult kaugemale, lähevad maasse (joon. 19). Kehas *B* ilmneb elektronide puudujääk ja ta osutub laetuks

positiivselt. Kui nüüd, eraldanud keha *B* maast, eemaldame ka keha *A*, siis juht *B* jääb laetuks ainult positiivse elektriga.

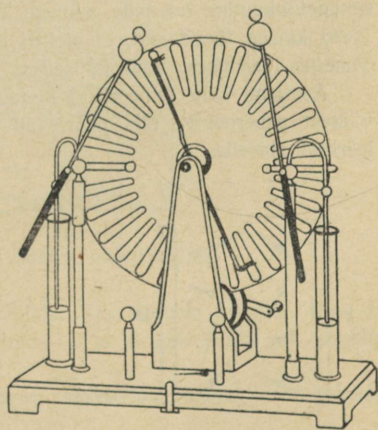
Küsimusi.

1. Milles seisab indutseerimise teel tekkinud elektriseerimise nähtus?
2. Kuidas võib seletada indutseerimise teel tekkinud elektriseerumist?
3. Elektroskoobile lähendati positiivselt laetud klaaspulk. Missugused laengud tekivad indutseerimise tõttu elektroskoobi nupul ja selle lehekestel?

14. **Elektrimasin.** Suurte elektrilaengute saamiseks kasutatakse spetsiaalseid riistu. Üheks selliseks, ehituselt lihtsaimaks riistaks on «hõõrdumiselektrimasin» (joon. 20). See koosneb klaaskettast *B*, mis pannakse teljel pöörlema käepideme abil, ja kahest nahkpadjakesest *A*, mis on kaetud inglistina- või tsinkamalgaamiga. Pöörlemisel hõõrdub klaas vastu amalgaami ja elektriseerub positiivselt, padjakesed aga ja nendega ühendatud konduktor (juht) *L* elektriseeruvad negatiivselt.



Joon. 20. Elektrimasin.



Joon. 21. Elektrimasin.

Klaasketas liigub pöörlemisel metallkavli *C* teravike vahel, mis on ühendatud konduktoriga *K*. Positiivsed laengud kettal elektriseerivad indutseerimisega konduktori *K* positiivselt, kavli *C* teravikud aga negatiivselt. Kavli negatiivne elekter voolab teravikelt klaaskettale, kus ühineb positiivse laenguga.

Nii koguneb konduktorile L negatiivne laeng, konduktorile K aga positiivne.

Praktikas kasutatakse tihti ehituselt hoopis keerukamat riista (joon. 21).

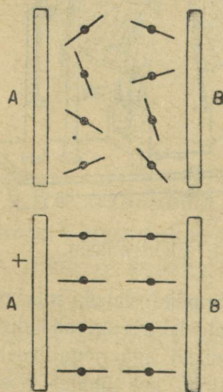
Küsimusi.

1. Missugustest osadest koosneb hõõrumis-elektrimasin?
2. Kuidas seletada laengute kogunemist masina konduktoreile?

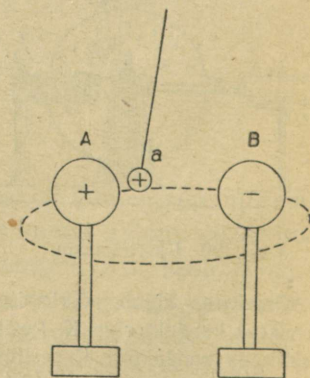
15. **Elektriväli.** Kui lähendame laetud eboniitpulga hülssile, mis ripub siidniidi otsas, siis näeme, et hülss hakkab tõmbuma pulga poole. Puudutanud pulka, tõukub hülss sellest eemale, kusjuures see eemaletõukumine tuleb ilmsiks teatud kaugusel pulgast. Elektroskoobi lehekese eemalduvad üksteisest laetud pulga lähendamisel tema kuulikesele, kuigi pulk ei puudutanud elektroskoopi.

Lähendame laetud kerale ühenimeliselt laetud kuulikesed, mis ripuvad siidniidi otsas; me näeme, et kuulikesed tõukuvad eemale, kusjuures see eemaletõukumine on seda suurem, mida lähemale püüame tuua kuulikesed. Need katsed tõendavad, et elektri mõju avaldub mitte üksnes laetud keha vahetus läheduses, vaid ka sellest teatud kaugusel.

Asetame kahe isoleeritud metallplaadi A ja B (joon. 22) vahele mitu väikest paberosutiit, mis pöörlevad kergesti teravikel ja on asetatud isoleeritud aluseile.



Joon. 22.



Joon. 23.

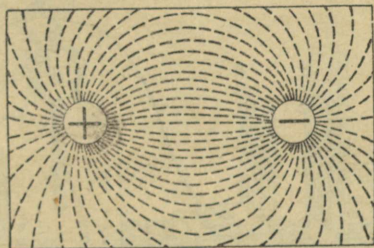
Kuni plaadid *A* ja *B* on laadimata, asetuvad osutid korratult, kuid tarvitseb neid ainult laadida, ühendades plaadid *A* ja *B* masina konduktoritega, pööravad end osutid kohe ja asetuvad nii, nagu näidatud joonisel 22 (all).

Kui seda katset sooritada anumas, millest õhk on välja pumbatud, oleksid resultaadid samasugused.

Ruumi, milles avaldub mingsuguste jõudude mõju, nimetatakse nende jõudude väljaks.

Elektriseeritud keha lähedal või elektriseeritud kehade vahel on elektriväli.

Olgu *A* ja *B* kaks liikumatut juhti (joon. 23), kusjuures juht *A* on elektriseeritud positiivselt, juht *B* aga negatiivselt. Juhi *A* lähedale asetame väikese kuulikese *a*, mis on laetud positiivse elektriga ja on vabalt liikuv. Kuulike, tõukudes kehast *A* ja tõmbudes keha *B* poole, hakkab liikuma *A* ja *B* vahel teatud kõverjoont mööda. Kui asetada kuulike mitmesugustele kohtadele juhi *A* lähedal, siis liigub ta igal üksikjuhul *A* juu-



Joon. 24. Tungjoonte asetus elektriväljas.

rest *B* juurde erinevaid kõverjooni mööda. Kui asetada kuulike *A* ja *B* vahelisele sirgjoonele, mis ühendab juhtide *A* ja *B* keskohti, siis kuulike liigub seda sirget mööda.

Jooni, mida mööda liiguvad laengud elektrijõu mõjul, nimetatakse elektrijõujoonteks.

Näitlikult võib elektrijõujooni kujutada järgmise katse abil. Lameda põhjaga anumasse, mis on täidetud vaseliini või tärpentiiniga, puistatakse hiniini kristallikesi või asbestitükikesi. Paigutades sellisesse vedelikku kaks kuulikest, mis on ühendatud elektrimasina poolustega, näeme (joon. 24), et vedelikul ujuvad kehakesed asetuvad kõverjooneliselt.

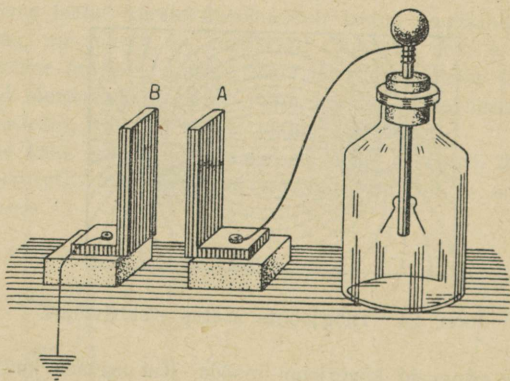
Leppe kohaselt peetakse jõujoonte alguseks positiivset laengut ja lõpuks negatiivset.

Inglise füüsik Faraday oletas, et ühe laengu mõjutamine teisega toimub erilise materiaalse keskkonna kaudu, mis täidab kogu maailmaruumi, kõik vahemikud elektronide ja prootonite vahel. Seda keskkonda nimetatakse eetriks.

Küsimused.

1. Mida nimetatakse elektri jõujooneks?
2. Mida nimetatakse elektriväljaks?
3. Milles seisab Faraday arvamuse olemus laengute vastastikuse mõju suhtes?

16. **Kondensaator.** Ühendame elektroskoobiga metallplaadi A (joon. 25), mis on kinnitatud parafiinalusele või mõnele muule heale isolaatorile, ja anname plaadile teatud elektrilaengu. Elektroskoobi lehekesed eemalduvad,



Joon. 25.

näidates plaadil elektrilaengu olemasolu. Anname plaadile uue, suurema laengu — lehekesed eemalduvad veelgi suurema nurga alla.

Lähendame plaadile A plaadi B, mis on ühendatud maaga. Me näeme, et elektroskoobi lehekesed langevad alla. Plaadi B eemaldamisel plaadist A eemalduvad lehekesed uuesti endise nurga alla.

Plaati A võib laadida ka plaadi B juuresolekul kuni lehekeste endise eemaldumisenurgani, kuid selleks tuleb plaadile A anda suur laeng. See tähendab, et plaadi A mahutavus suurenes plaadi B juuresolekul.

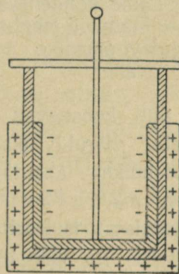
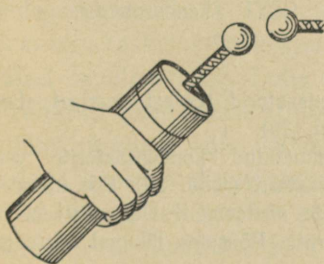
Riista, mis koosneb kahest isolaatoriga eraldatud juhist, nimetatakse kondensaatoriks.

Sõna kondensaator tuleneb ladinakeelsest sõnast *condensare*, mis tähendab 'tihendama'.

1796. a Muschenbroek, füüsika professor Leidenis, soovides elektriseerida vett, korraldas järgmise katse.

Ühes käes hoidis Muschenbroek klaasanumat veega, millesse oli asetatud metallvarb, mis oli ühendatud elektrimasina konduktoriga. Soovides saada sädet, puudutas ka teise käega vees olevat varba ja sai väga tugeva löögi. Hiljem teisendati seda katset.

Vee asemel kaetakse klaasanuma sisemine osa stannioliga (inglistina-paberiga), mis ühendatakse nõust väljaulatuva metallvarvaga. Samuti kae-



Joon. 26. Leideni purgi laadimine. Joon. 27. Laengu asetumine laetud leideni purgi kattel.

takse anum stannioliga väljastpoolt. Sellist riista, mis osutub kondensaatoriks, nimetatakse leideni purgiks.

Et laadida leideni purki, selleks võetakse see kätte välist katet pidi, sisemine kate aga ühendatakse elektrimasina konduktoriga (joon. 26). Leideni purgi tühjakslaadimisel saadakse hele säde. Suure leideni purgi tühjakslaadimine võib olla elukardetav.

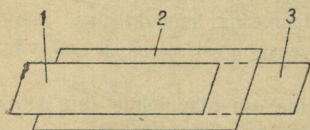
Arutame läbi, mis toimub leideni purgi laadimisel. Oletame, et ühendasime anuma negatiivse konduktoriga. Seesmine kate laetakse negatiivselt.

Väliskatte elektronid, tõugatud seesmise kate elektronidest, lähevad inimese käe ja keha kaudu maasse. Pärast laadimist omandab seesmine kate negatiivse laengu, väline aga positiivse.

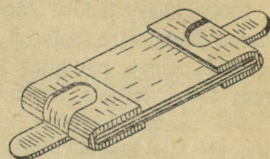
Nii on leideni purgi mõlemad katted laetud isanimelise elektriga (joon. 27).

Ohendanud isoleeritud käepideme küljes oleva traadi — tühjendaja abil seesmise katte välisega, anname seesmise katte elektronidele võimuse asuda väliskattele, kusjuures selle üleminekuga kaasneb säde.

Tehnikas kasutatakse kondensaatoreid, mis koosnevad stannioliga kaetud vilgukivi-leheketest, — püsiva mahutavusega lamedaid kondensaatoreid (joon. 28).



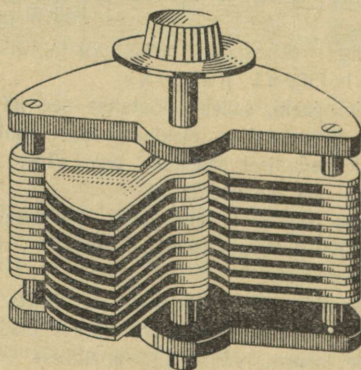
Joon. 28. Lame kondensaator:
1 ja 3 — stannioli-lehekeseid,
2 — vilgukivi-plaadike nende
vahel.



Joon. 29. Valmis vilgukivi-kondensaator.

Väga tihti koosnevad lamedad kondensaatorid tervest seeriast stannioliga kaetud vilgukivi-plaadikestest (joon. 29).

Raadiotehnikas kasutatakse peale nimetatud kondensaatorite veel muutuva mahutavusega kondensaatorit (joon. 30). See koosneb kahest teineteisest isoleeritud metallplaatide süsteemist. Üks süsteem on liikumatu, teist aga võib telje ümber pöörata. Pöörates liikuvat süsteemi, muudetakse kondensaatori mahutavust.

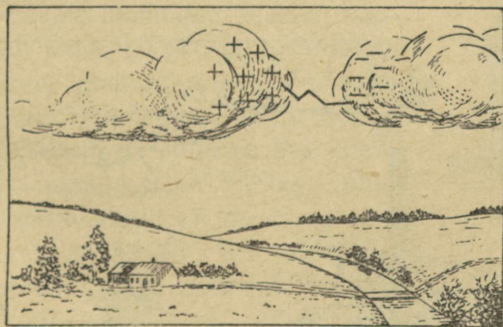


Joon. 30. Muutuva mahutavusega kondensaator.

Küsimusi.

1. Mida nimetatakse kondensaatoriks?
2. Kas võib kondensaatori mõlemaid katteid laadida ühenimeliste laengutega?
3. Kas võib laadida ainult ühte kondensaatori katet, jättes teise laadimata?

17. Elektrilisi nähtusi atmosfääris. Palavail suvepäevil võib sageli täheldada äikest. Ammugi on teada, et välg ei ole midagi muud, kui elektrisäde, sarnane sädemele, mis saadakse elektrimasina või leideni purgi tühjendamisel, mürisamine aga on ragin, mis saadab sädet. Katseliselt tõestas seda esmakordselt 1752. a. ameerika õpetlane Franklin. Franklin laskis äikese ajal pilvedesse metallteravikuga varustatud tavalise lohe. Lohe lasti üles nõõri otsas, mis lõppes Franklini käes oleva siidnõõriga. Kui nõör märjaks sai ja juhiks muutus, võis sellest saada väga suuri sädemeid, milleda kaasnes tugev ragin. Need katsed on väga kardetavad. 1753. a. sai sel kombel saadud sädemest surma Lomonossovi sõber, vene õpetlane Rihman. Välgu tekkimist võib seletada järgmisel viisil. Kui kaks pilve, mis on laetud isenimeliste elektritega, lähenevad teineteisele teatud kaugusele, siis toi-



Joon. 31.

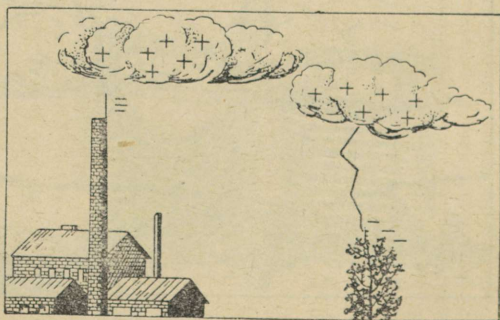
mub nende vahel laengutühjendus (lahendus) — välk, mida saadab ragin — müristamine (joon. 31). Välg ja müristamine toimuvad üheaegselt, kuna aga valguskiire levimiskiirus on $300\,000\text{ km/sek}$ ja hääle oma kõigest 340 m/sek , siis kuuleme müristamist alles pärast seda, kui oleme vätku näinud. Laengutühjendus — välg — ei tarvitse toimuda ainult kahe pilve vahel, vaid ka pilvede ja maa vahel (joon. 33).



Joon. 32. Välgu fotc.

Kui näiteks positiivse elektriga laetud äikesepilv tuleb maale küllalt lähedale, siis indutseerib ta maa selles kohas, eriti aga kõrgeis esemeis, negatiivse elektrit. Seejuures võib toimuda pilve ja maa vahel laengutühjendus — välgulöömine.

Kujupoolest on välke väga mitmesuguseid: sirgete kitsaste ribade näol, siksakiliste ribadena ja helendava kera kujul;



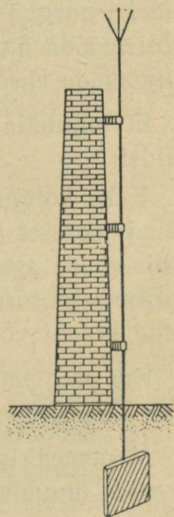
Joon. 33.

viimased lõhkevad kõrvulukustava müraga. Välg, mis on lõõ-
 nud puusse, pilbastab selle ja sageli söestab. Kui välg läbis-
 tab metalle, siis ta sulatab neid. Sattudes liivasse, välg sula-
 tab seda, moodustades omapärase kujuga torukesi, mida rah-
 vas nimetab piksenooleks (fulguriidid).

Küsimusi.

1. Mis on välg?
2. Millest tekib välg?
3. Mis on müristamine?
4. Kuidas tekib välg pilve ja maa vahel?
5. Millega on seletatav, et müristamist kuuleme hiljem, kui näeme vätku?

18. **Piksevarras.** Et kaitsta hooneid välgu purustava tege-
 vuse eest, kasutatakse Franklini poolt soovitatud piksevar-
 r a s t. Lihtsamakujuline piksevarras kuju-
 tab endast teravaotsalist metallvarba, mis
 pannakse hoonete katusele (joon. 34). Me-
 tallvarb ühendatakse väga heade elektri-
 juhtide abil maja kõigi metallosadega, nagu
 plekk-katusega, veetorustikuga ja samuti
 ka maaga pinnase niiskeisse kihtidesse kae-
 vatud vasklehe abil. Laetud pilve poolt pik-
 sevarda teravikule tõmmatud elekter voo-
 lab õhku. Kui pikne löökski piksevardasse,
 siis pilve elekter läheb juhti mööda maasse,
 toomata majale mingisugust kahju. Kõige
 tähtsam on piksevarda ehituses hea ühen-
 dus maaga — mäandamine. Vastasel juhul
 piksevarras mitte ainult ei too kasu, vaid
 tõmbab enesele pikselöögi. See võib hoo-
 net kahjustada.¹ Olgu tähendatud, et
 piksevarras müristamist ei takista, sest Joon. 34. Piksevarras.
 müristamine on ragin, mis kaasneb välgulöömisega.



Küsimusi.

1. Kuidas on ehitatud piksevarras?
2. Milleks kasutatakse piksevarrast?

19. **Laengute liikumine juhis.** Eespool nägime (joon. 9), et kui kuiva niidi abil ühendasime laetud elektrooskoobi laadimata elektrooskoobiga, läksid laengud ühelt elektrooskoobilt teisele. See laengute üleminek kestab seni, kui elektrooskoobid on laetud ühe ja sama astmeni, mida võime otsustada lehekeste laialimineku nurga suuruse järgi.

Laeme kaks ühesugust elektrooskoopi ühenimelise elektriga erinevais astmeis. Elektrooskoopide lehekesed lähevad laiali erinevalt. Kui elektrooskoopide kuulikesi ühendada juhiga, siis algab laengu üleminek juhti mööda, kuni lehekeste laialimineku nurgad muutuvad ühesugusteks. Mis sunnib laenguid juhti mööda ümber asuma? Miks katkeb üleminek, kui elektrooskoopide elektriseerumisaste muutub ühesuguseks?

Et kujutella laengute liikumise käiku, vaatleme järgmist näidet.

Kaks külgmiste torudega kolbi on ühendatud, nagu näidatud joonisel 35, pumbaga, mis pumpab ühest kolvist õhku välja, teise aga surub juurde. Kolbide korkidesse on pandud manomeetri torud, ja üks toru, mis ühendab kolbe, on varustatud kraani või näpitsaga.

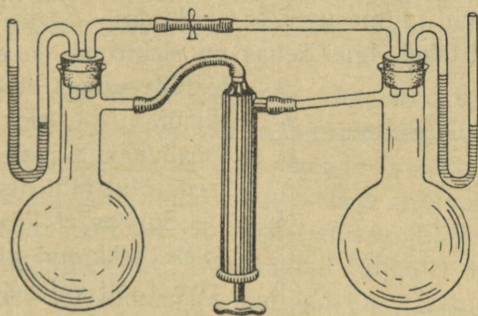
Kui me pumbaga töötame, siis saavutatakse ühes kolvis õhu tihenemine, teises — hõrenemine.

Manomeetrid märgivad neid tihenemisi ja hõrenemisi oma nivoode muutumisega.

Katkestame pumba tegevuse ja avame kraani. Manomeetrite nivoode muutumine lubab järeldada, et ühendavas torus tekib õhu vool. Õhu liikumine kestab nii kaua, kuni on

olemas rõhkude vahe anumates, mis paneb õhu liikuma. Kui rõhud neis saavad võrdseteks, siis õhu vool katkeb.

Meie seadises vastavad erineva õhurõhumisega kolvid elektroskoopidele, mille elektriseerumisastmed on erinevad (s. o. kas elektroskoobid on laetud isenimeliste laengutega või ühenimeliste laengute juures lehekeste laialimineku nurgad erinevad); ühendav toru vastab juhile. Põhjuseks, mis sun-



Joon. 35.

nib laenguid juhti mööda ümber paigutuma, me peame katsete alusel pidama juhiga ühendatud elektroskoopide elektriseerumisastmete vahet.

Näites elektroskoopidega saime laengute ümberasetumise, mis kestab lühikest aega. Me võiksime seda pikendada, kui hoiaksime alal elektroskoopide elektriseerumisastmete vahe.

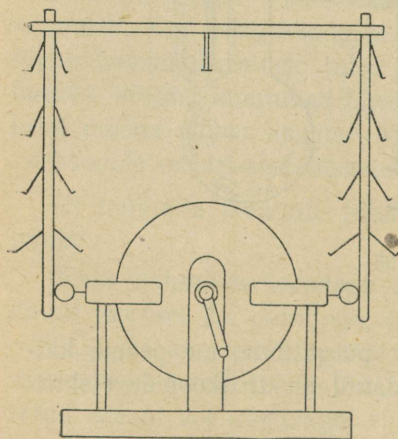
Ühendame elektrimasina konduktorid puukeppidega, millele on kinnitatud paberiribad (joon. 36). Kui masinat ringi ajada, siis lähevad ribad eri kohtades laiali erinevalt, näidates sellega ühtlasi, et mitmesugustes punktides on olemas elektriseerumisastmete vahe, mis säilitab voolu.

Nähtus võttis sellise kuju, nagu ta oleks võtnud joon. 35 näidatud seadises, kui oleks hakatud pumbaga töötama ühendava toru kraani lahtiolekul. On selge, et esimeses kolvis, vaatamata õhu liikumisele torus, säiliks surumine, teises kolvis aga hoiduks alal hõrenemine.

Järelkult õhuvoolu liikumise vajalikuks tingimuseks on rõhkude vahe kolbides.

Täpselt samuti elektrilaengute — elektronide — liikumise vajalikuks tingimuseks juhis peab olema elektriseerumisastmete vahe juhi mitmesugustes punktides — pinge.

20. Elektrialhel. Igas kehas on elektrone, ja et saavutada teatud suunas elektronide liikumist — elektrivoolu —, peab looma pinge ja hoidma seda alal juhi otstes.



Joon. 36.

Selleks, et kepis (joon. 36) oleks tekkinud alaline elektrivool, oli vaja elektrimasinat ringi ajada, s. o. teha tööd. Tähendab, elektrimasinas toimub mehaanilise energia muundumine elektrienergiaks. Elektrimasin on generaatoriks (allikaks) elektrienergiaks, mis tekitab pinget mehaanilise energia arvel. Nii käua, kui vool läheb keppi mööda, mis ühendab elektri-

masina konduktoreid (joon. 36), on üks konduktoreist laetud positiivselt, teine negatiivselt.

Konduktorite elektriseerumisastmete vahe ongi pinge põhjuseks, mis hoiab alal voolu.

Et juhti läbiks vool, on vaja juhi otstes hoida alal pinget.

Seadmeid, mis juhi otstes kutsuvad esile pinge, nimetatakse generaatoreiks ehk vooluallikaiks.

Ühed generaatorid tekitavad pinge mehaanilise energia arvel, teised keemilise energia arvel ja kolmandad soojusenergia arvel. Seadiseid, mis võimaldavad elektrienergiat muundada energia muudeks vormideks, nimetatakse vastuvõtjateks ehk tarvitajateks. Vastuvõtjateks on elektrilambid, elektriahi, elektrimootor jt.

Kuna vastuvõtja on harilikult generaatorist kaugel, siis on vaja elektrivool selleni viia, milleks kasutatakse metalljuhtmeid.

Ühendades vooluallika juhtmete abil vooluvastuvõtjaga, saame suletud ahela, mida mööda tsirkuleerib vool.

Voolu kasutamisel on tarvilik omada võimalust juhtida elektronide voolu. Lihtsaimal juhul seisab juhtimine elektronide voolu katkestamises või uuendamises juhtmete lahutamise või ühendamise teel. Keerukamail juhtudel annab juhtimine võimaluse vähendada ja suurendada (teatud piirides) elektronide hulka, mis läbivad ahelat.

Niisiis igas elektrivooluahelas me eristame: 1) generaatori, kus mingi energia liik muundatakse elektrienergiaks; 2) vastuvõtja, kus elektrienergia tarvitatakse ära, s. o. kus elektrienergia muundub soojusenergiaks (lamp, ahi), mehaaniliseks (mootor) või keemiliseks energiaks; 3) juhtmed, mis viivad energia vastuvõtjasse ja loovad elektronide suletud liikumisvõimaluse; 4) vooluandmise juhtija, s. o. elektronide voolu katkestamise ja uuendamise seadise, mis võimaldab mõnikord ka muuta selle voolu suurust.

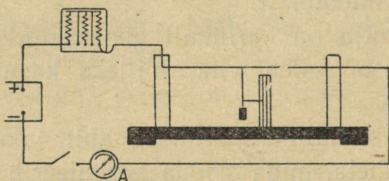
21. Elektrivool. Elektrivooluga kaasnevad mitmesugused nähtused, mida nimetame voolu toimeks.

Vaatleme mõningaid elektrivoolu avaldusi.

Juhtmete soojenemine. Laseme voolu läbi tugede vahel pingule tõmmatud nikkeltraadi, millel ripub

väike koormus, mis venitab traati keskkohast. Koormuse lähedale on asetatud skaala, mille järgi saab määrata koormuse kõrgust seadise alusest (joon. 37).

Voolu läbilaskmise juures traadist vajub koormus alla-poolle, mis osutab traadi pikenemisele soojenemise tõttu. Mida tugevam on traati läbiv vool, seda madalamale langeb koormus.



Joon. 37.

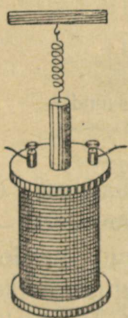
Juhe, mida läbib vool, soojeneb.

Voolu magnetiline toime. Mähime isoleeritud traadi suure raudnaela ümber. Kui lasta vool juhtmest läbi, siis muutub raudnael magnetiks — tõmbab külge raudesemeid; kui vool katkestada, siis kukuvad külgetõmmatud esemed maha — nael lakkab olemast magnetiks.

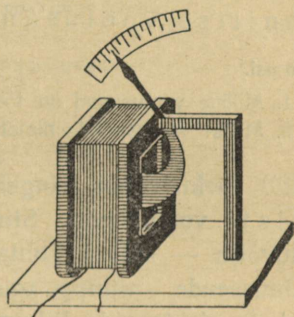
Voolu magnetilist toimet võib ilmsiks teha ka järgmise katsega. Asetame traatpooli sisse tüki rauda, mis ripub vedru küljes. Kui poolis voolu ei ole, on rauatükk liikumatu. Poolist voolu läbilaskmisel tõmbub rauatükk (südamik) pooli sisemusse (joon. 38). Täpselt samuti tõmbub pooli sisemusse raudsüdamik, mis on kinnitatud teljele (joon. 39). Soojeneva traadi või poolisse tõmbuva südamikuga riistad võivad olla voolu olemasolu näitajaiks juhtmes ja voolumõõtjaiks.

Selliseid riistu, mis näitavad voolu olemasolu, nimetatakse galvanomeetriteks.

Voolu keemilised toimed. Juhime voolu läbi vasevitrioli lahuse. Et juhtida voolu lahusesse ja välja, asetame lahusesse kaks söepladikest — elektroodid, mis on ühendatud vooluallikaga. Võtnud mõne minuti pärast plaadikesed lahusest välja, näeme, et ühele neist on ilmunud punakas vasekiht, mis on eraldunud vasevitriolist. Vase eraldumine lahusest osutab keemilistele nähtustele lahustes, kui neid läbib vool.



Joon. 38. Raudsüdamikü tõmbumine poolisse, mida läbib vool.



Joon. 39. Galvanomeetri ehituse skeem.

Niisiis keemilised nähtused lahustes võivad olla ka voolu olemasolu näitajaiks juhtmes.

Küsimusi.

1. Milliste toimingute abil võib saada teada, kas juhtmes on voolu?
2. Kuidas näidata, et elektrivool avaldab magnetilist toimet?
3. Kuidas nimetatakse riistu, mis näitavad elektrivoolu olemasolu juhtmes?
4. Kuidas näidata, et elektrivool avaldab keemilist toimet?

22. Elektrivoolu suund. Igal vooluallikal on tema vooluahele lülitamiseks kaks klemmi. Neid vooluallika osasid nimetatakse poolusteks. Üks poolustest on laetud positiivselt — positiivne poolus; teine negatiivselt — vooluallika negatiivne poolus.

Vaadeldes elektrivoolu juhtmes kui elektronide voolu, me peaksime võtma voolu suunana elektronide liikumise suuna, s. o. suuna vooluallika negatiivsest poolusest positiivse pooluse poole, sest just selles suunas liiguvad elektronid.

Kuid elektronide teooria arenes alles hiljuti. Varem arvati, et elektrivool läheb vooluallika positiivselt pooluselt negatiivsele. Sellist voolusuunda, erinevalt tõelisest — elektronide suunast —, nimetatakse tehniliseks suunaks.

Edaspidisel käsitlusel võtame voolusuunana igal pool tehnilise voolusuuna.

Küsimusi.

1. Milline voolusuund on tõeline (elektronide suund)?
2. Millist voolusuunda nimetatakse tehniliseks?

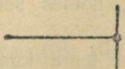
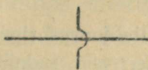
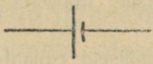
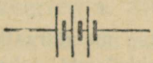
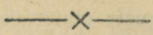
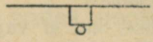
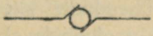
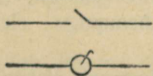
23. Elektrivoolu ringide näiteid. Vaatleme elektrikõlisti vooluahelat. Siin on meil: generaator — element, vastuvõtja — kõlisti, juhtmed, mis juhivad juurde voolu, ja juhtimisseade — nupp, mis annab võimaluse katkestada või taastada elektronide liikumist vooluringis ja järelikult anda energiat elemendilt kõlistile.

Taskulambi vooluringis võime samuti leida: generaatori — patarei; vastuvõtja — lambikese; juhtmed — plaadid, mis on kinnitatud patareile; juhtimisseadme — nupu, mille abil süütame lambikese.

Elektritrampi vooluringis on generaatoriks jaama dünamomasin, vastuvõtjaks trammi mootor. Energiat saadakse siin ülemise juhtme ja looga kaudu; teiseks juhtmeks on rööpad. Juhtimine on trammi esiosas. Me märkame, et trammi vooluringi juhtimisseade annab võimaluse mitte ainult voolu sisse- ja väljalülitamiseks, vaid ka voolu nõrgendamiseks ja tugevdamiseks.

Joonised, mis kujutavad mitmesuguste elektriseadiste omavahelist ühendamist, nimetatakse skeemideks.

Seadiste skeemide joonestamiseks kasutatakse eri märke, mis on kujutatud järgnevas tabelis:

	Juhtmete ühendamine.
	Ristuvad ühendamata juhtmed
	Element: väike jooneke — — positiivne poolus.
	Elementide patarei.
	Lamp.
	Kõlisti.
	Mootor.
	Voolukatkestajad.

24. Laboratoorne töö nr. 1. Töö eesmärk. Koostada elektrivoolu ring generaatorist, vastuvõtjast, juhtmeist ja juhtimisseadmeist.

Riistad ja materjalid: elektrikõlisti; galvaani element; 3 tükikest isoleeritud traati; võti kahe näpitsaga (klemmiga); kõlisti nupp; nuga juhtmete puhastamiseks; kruvikeeraja.

Leida elemendi poolused. Leida elektrikõlisti klemmid. Puhastada vaskjuhtmete otsad isolatsioonist, või kui see on juba tehtud, siis oksüüdi kihist. Ühendada üks kõlisti klemmidest patarei poolusega. Kõlisti teine klemm ja teine poolus ühendada juhtme abil võtme mõlema klemmiga.

Ülesandeid II peatüki juurde.

1. Kuidas näidata, et kahe keha vastastikusel hõõrdumisel mõlemad kehad elektriseeruvad, kuid teineteisele vastupidise elektriga?

2. Peenikeste siidlõngade otsa on riputatud kaks täiesti ühesugust leedri säsist kuulikest, üks laetud, teine — laadimata. Kuidas teha kindlaks, kumb kuulike on laetud?

3. Millega seletada, et kerge leedrisäsi-kuulike, mis algul tõmbub elektriseeritud kepikese külge, siis sellest jälle eemale tõukub?

4. Miks võib hõõrumisega elektriseerida eboniitpulka, hoides seda käes, ja miks ei saa elektriseerida valgevaskvarba, hoides seda käes, ka siis mitte, kui temaga puudutada laetud keha?

5. Miks laetud elektroskoop tühjeneb, kui tema kuulikest puudutada käega?

6. Miks soovitakse elektriseerimiskatsete juures riputada mitmesuguseid elektriseeritud kehi mitte harilike niitide, vaid siidniitide külge?

7. Kuidas võib elektroskoobi abil kindlaks määrata, millise elektriga keha on laetud?

8. Milliseid kehi nimetame juhtideks, milliseid isolaatoreiks? Nimetada mõned juhid ja mõned isolaatorid?

9. Miks elektriahelate ühendused tehakse metalltraatide abil?

10. Vaadelda, kuidas on ehitatud elektrilambi juhe ja näidata selle juhtme valmistamiseks kasutatud mitmesuguste materjalide otstarve?

11. Miks seinakontaktid tehakse portselanist?

12. Miks korrasolev elektrikõlisti ei helise, kui ei vajutata nupule?

13. Joonestada taskulambi vooluahela ühenduste skeem.

14. Joonestada ühenupuga elektrikõlisti vooluahela skeem.

15. Joonestada vooluringi skeem kahenupuga elektrikõlisti jaoks, mille abil saab kõlistada kahest toast.

16. Joonestada vooluahela skeem, mis koosneb elektrilambist ja vooluallikast, näidata noolega voolu suund selles skeemis.

17. Näidata teistsuguse noolega, milline on elektronide liikumissuund selles ahelas.

III peatükk.

ELEKTRIENERGIA MUUNDUMINE KEEMILISEKS ENERGIAKS JA VASTUPIDI.

25. Elektrivool metallides. Vasktraati võib kuumendada tulipunaseks, kui sellest lasta läbi elektrivool; ent tarvitseb vaid vool katkestada ja lasta traadil jahtuda, kui ta saab jälle selliseks, milline oli enne katset. Traadi keemiline koostis ei muutu. Füüsikud lasksid voolu läbi kolmest tihedalt üksteise kõrval seisvast silindrist — raud-, alumiinium- ja vasksilind-

rist — tervelt ühe aasta jooksul ja ei avastanud mingit muutust silindrite kaalus. Kõik need katsed on selle tõenduseks, et vool metallides ei teki aatomite ja molekulide liikumise teel.

Seepärast peame oletama, et voolu läbiminekuks metallist võtavad osa üksnes elektronid, mis liiguvad vabalt aatomite vahelistes ruumides. Molekulid ja aatomid tahketes juhtides jäävad oma kohale. 1916. a. korraldasid füüsikud järgmise katse. Nad võtsid mitmesugustest metallidest poolid, ühendasid nende juhtmete otsad galvanomeetriga ja panid poolid väga kiiresti keerlema. Siis peatasid nad need järsku. Seejuures pandi tähele, et pärast poolide peatumist oli neis lühikest aega veel vool.

Selle katse seletus on järgmine. Metallis on olemas vabad elektronid, ja andes poolidele teatud kiiruse, antakse sama kiirus ka elektronidele. Poolide peatumisel vabad elektronid, liikudes inertsil põhjal, lähevad edasi, mis avaldubki vooluna.

Küsimusi.

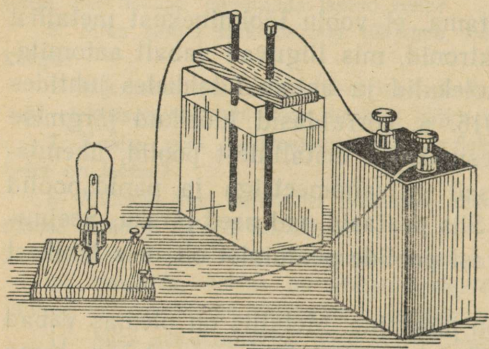
1. Mida kujutab enesest elektrivool tahketes juhtides?
2. Kas võtavad elektrivoolu liikumisest osa ka tahke juhi aatomid ja molekulid?
3. Milline katse sooritati selle tõenduseks, et elektrivool tahketes juhtides on vabade elektronide vool?

26. **Elektrolüüs.** Paigutame klaasanumasse teineteisest teatud kaugusele kaks sõepulka, milledele kinnitame vooluallika juhtmed (joon. 40). Ohte juhtmesse lülime elektrilambi. Lõpetanud juhtmete lülimise, märkame, et lamp ei põle: vooluahel on sõepulgakeste vahel katkenud, mistõttu vool ei lähe läbi lambi. Valame anumasse puhast vett. Ka sel juhul lamp ei põle, kuigi sõepulgakeste vahel on veekiht. Tähendab, puhas vesi ei lase voolu üldse läbi või kui laseb, siis väga vähe.

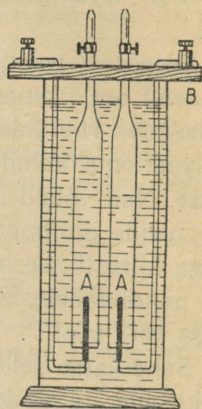
Eraldame sõepulgakeste küljest juhtmed ja asetame nende vahele kuiva vasevitrioli kristalli. Ka nüüd lamp ei põle: vasevitrioli kristall ei juhi voolu üldse või juhib halvasti.

Lahustame vasevitrioli vees ja valame selle lahuse anumasse, milles sõepulgakesed on lülitud vooluahelasse. Me näeme, et anumad läbib vool ja et ühel sõepulgal sadestub vask.

Samuti võime veenduda, et vesi hakkab voolu läbi laskma, kui lisame temasse mõne tilga väävelhapet. Vool läbib hapuks tehtud vee ja söepulgakestel eralduvad gaasimullikesed.



Joon. 40.



Joon. 41.

Kogume eraldunud gaasi. Sel eesmärgil valame kõrgesse purki nõrka väävelhappe lahust ja laseme sellesse kaks vasktraati, mille otstele on kinnitatud peenikesed ümmargused söekesed A (joon. 41). (Osa juhett, mis on väljaspool klaastorusid, on hästi isoleeritud. Söekesed on paigutatud klaastorude sisemusse, torud ise aga on kinnitatud parafineeritud lauakese B külge). Lasknud vooluahelasse voolu ja kogunud gaasi, teeme kindlaks, et üks neist gaasidest on vesinik, teine — hapnik.

Vedelikke, milles voolu läbimisel täheldatakse keemilisi nähtusi, nimetatakse elektrolüütideks. Nähtusi, mis on täheldatavad elektrolüütides, kui neid läbib vool, nimetatakse elektrolüüsiks.

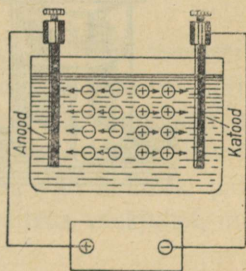
Elektrolüüti asetatud plaadikesi, mille abil elektrolüüt lülitakse vooluahelasse, nimetatakse elektrodideks. Elektroodi, mis on ühendatud vooluallika positiivse klemmiga, nimetatakse anoodiks, teist elektroodi nimetatakse katoodiks.

Elektrolüüsi nähtust seletatakse järgmiselt:

Aine lahustamisel tema molekulid lagunevad (dissotsieeruvad) vee molekulide mõjul kooste-osadeks. Molekulide lagunemisel jaotuvad elektronid ebaühtlaselt. Need aatomid ja aatomite rühmad, millel on elektrone vähem kui positiivselt laetud aineosakesi, saavad positiivse laengu, aga teised, millelele läheb üle elektronide ülejääk, saavad negatiivse laengu. Selliseid laetud aatomeid või aatomite rühmi nimetatakse ioonideks¹. Ioonide laengud, mis tekivad molekulide lagunemisel, on suuruselt võrdsed, sest ühinemisel annavad nad molekuli, mis ei ilmuta elektrilist olekut. Selline molekulide dissotsieerumise protsess ioonideks kestab lahuses kogu aja. Ühes sellega toimub ka vastupidine protsess — ioonide ühinemine neutraalseiks molekulideks, sest ioonid on alalisel liikumises ja põrkavad seepärast omavahel kokku. Kaks protsessi: molekulide dissotsiatsioon ja vastupidine protsess — molekulide tekkimine ioonidest — toimuvad üheaegselt.

Vaatleme soolhappe (HCl) elektrolyüsi. Selles lahuses leidub peale soolhappe neutraalsete molekulide (HCl) soolhappe lagunenud aineosakesi: vesiniku aatomeid (H), millest igaüks on kaotanud ühe elektroni ja mis kannavad seepärast positiivset laengut, ja kloori aatomeid (Cl), mis on saanud liigse elektroni ja omavad seetõttu negatiivset laengut (joon. 42).

Kui sellisesse lahusesse asetada elektrodid, mis on ühendatud vooluallika poolustega, siis hakkavad ioonid liikuma elektroodide poole. Positiivselt laetud ioone, mis liiguvad katoodi poole, nimetatakse katioonideks; negatiivselt laetud ioone, mis liiguvad anoodi poole, nimetatakse anioonideks. Positiivsed vesiniku ioonid liiguvad katoodi poole, sest katoodplaadike evib negatiivselt laetud keha omadusi, kloori ioonid aga liiguvad anoodi poole, sest anoodplaadike evib positiivselt laetud keha omadusi. Jõudnud elektroodideni, annavad vesiniku ja kloori ioonid oma laengu elektroodidele, muutuvad seega laenguta aatomeiks ja eralduvad lahusest gaasi näol.



Joon. 42.

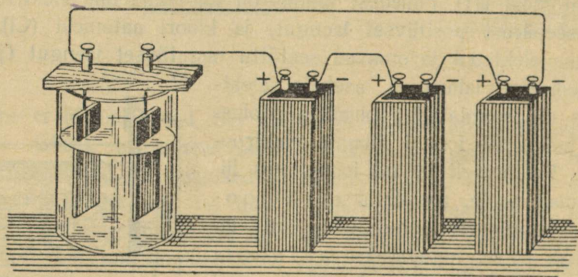
Ioonide liikumisest lahuses on tingitud kaks üheaegset protsessi: aine eraldumine elektroodidele ja voolu läbimine lahusest elektrilaengute edasikande teel ioonide kaudu. Elektronide vahetut läbiminekut, nagu metallides, elektrolyütides pole olemas.

¹ *Jonos* (kreeka k.) tähendab — rändav.

Küsimusi.

1. Mis on elektrolüüs?
2. Milliseid elektrijuhte nimetatakse elektrolüütideks?
3. Mida nimetatakse elektrolüütiliseks dissotsiatsiooniks?
4. Mida nimetatakse iooniks?
5. Millistes suundades liiguvad positiivsed ja negatiivsed ioonid lahuses, kui lahust läbib vool?
6. Miks liiguvad lahuses positiivsed ioonid katoodi poole, negatiivsed aga anoodi poole?

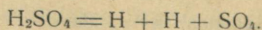
27. **Vasevitrioli lahuse elektrolüüs.** Laseme voolu läbi vasevitrioli (väävelhappu vase) lahuse, võttes elektroodideks kaks vaskpladikest ja määrates algul väga täpselt kindlaks nende pladikeste kaalu (joon. 43). Lülime voolu 15 minuti pärast välja, peseme pladikesed puhtaks ja kuivatame nad. Katoodpladikesel on selgesti näha eraldunud vask. Kui katoodpladikest



Joon. 43.

uuesti kaaluda, siis selgub, et see on muutunud raskemaks; kaalunud anoodpladikese, võime märgata, et see on läinud kergemaks ligikaudu nii palju, kui palju on juurde tulnud katoodpladikese kaalule. Siit tuleme järeldusele, et vasevitrioli elektrolüüsis ilmub katoodile puhas vask, anoodpladikese vask aga läheb järk-järgult lahusesse.

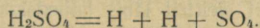
28. **Lahjendatud väävelhappe elektrolüüs.** Eespool kirjeldatud hapukaks tehtud vee elektrolüüsi võib seletada järgmiselt: väävelhappe molekul laguneb lahuses kaheks vesiniku iooniks ja üheks SO_4 iooniks:



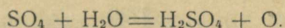
Iga vesinikuioon omab ühte positiivset laengut, sest vesiniku aatom kaotas ühe elektroni. H ja SO_4 kahe iooni ühinemisel saadakse väävelhappe neutraalne molekul H_2SO_4 . Järelikult SO_4 omab kahte negatiivset laengut. Lahuse vesinikuioonid liiguvad katoodi poole, SO_4 ioonid aga anoodi poole. Happejääk SO_4 annab vee molekuliga teineteist vastastikku mõjutades väävelhapet ja hapnikku, mis eraldub anoodil.

Väävelhappe elektrolüüsi protsess koosneb kahest osast, mida võib väljendada järgmiste võrranditega.

1. Primaarne elektrolüütiline protsess:



2. Sekundaarne keemiline protsess:



Katoodil eraldub vesinik, anoodil aga vaba hapnik, mida katses märkamegi.

Küsimusi.

1. Mis toimub väävelhappe lahusega, mida läbib vool?
2. Millisel elektrodil eraldub väävelhappe elektrolüüsis vesinik, millisel hapnik?

29. **Elektri hulk. Kulon.** Lasknud voolu läbi vasevitrioli lahuse, vaatleme vase eraldumist söekatoodil. Katse näitab, et algul söekatoode kattub vaevalt märgatava vasekihiga, siis vastavalt voolu läbilaskmisele suureneb vasekiht katoodil ja voolu pikaaegsel läbilaskel võib saada söel küllaltki paksu vasekihi, millele on kerge külge joota näiteks vaskjuhet, mida praktikas sageli ka tehakse.

Kuna soolade ja hapete lahustes elektrilaengud liiguvad koos aineosakestega, siis mida rohkem eraldub katoodil ainet, seda enam laenguid läheb läbi lahuse.

Kuulus inglise füüsik Faraday, uurides elektrolüüsi nähtust, tegi kindlaks selle nähtuse seaduse.

Elektrolüüsil eraldunud aine kaaluline hulk on võrdeline lahusest läbinud elektrihulgaga.

Selle seaduse alusel võib kindlaks määrata elektrihulga ühiku.

Elektrihulga ühikuks võetakse elektrihulk, mis hõbedasoola lahuse läbimisel eraldab katoodil 1,118 milligrammi hõbedat.

Seda ühikut nimetatakse kuloniks.

Näide. Mitu kulonit elektrit läbis hõbedasoola lahuse, kui katoodile eraldus 2236 mg?

Lahendus. 1,118 mg eraldab 1 kulon.

$$2236 \text{ mg eraldab } \frac{2236}{1,118} = 2000 \text{ kulonit.}$$

Faraday tõestas, et mitmesuguste ainete kaaluline hulk, mis elektro-lüüsil ühe kuloni elektril läbiminekul eraldub, on mitmesugune, kuid igale antud ainele konstantne (muutumatu).

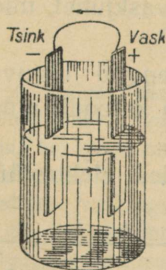
Nii näiteks eraldub ühe kuloni läbimisel: vaske — 0,329 mg; niklit — 0,304 mg; tsinki — 0,338 mg jne.

Küsimusi.

1. Mis alusel võib kindlaks määrata vooluahelat läbinud elektrihulka?
2. Mis on võetud elektrihulga ühikuks?

30. Volta element. Lihtsaimaks vooluallikaks on volta element (vt. lk. 64).

Volta element (joon. 44) koosneb vask- ja tsinkplaadikest, mis on asetatud 10-protsendilisse väävelhappe lahusesse. Positiivne elektrood selles on vask, negatiivne — tsink. Vool välisahelast läheb vaselt tsingile. Vaadel-des, mis sünnib elemendi plaadikestega, kui element töötab, märkame, et tsink lahustub, vaskplaadikesele aga eraldub gaas — vesinik.



Joon. 44.
Volta element.

Järelikult on elektrienergia saamine elemendilt seotud elemendi koosseisu kuuluvate ainete keemilise reaktsiooniga.

Uhendame värske elemendi elektrikõlisti klemmidega. Kell kõliseb algul valjusti, siis muutudes järk-järgult vaiksemaks, lakkab kõlisemast. Vool ahelas vähenes. See elemendi poolt tekitatud voolu nõrgenemine on kutsutud esile niinimetatud elemendi polarisatsiooniga, mille üks väljendusviise seisab selles, et vasele eraldunud vesinik, andnud sellele oma laengud, katab plaadi gaasimullikestega ja takistab sellega vesiniku ionide pääsu lahusest plaadikese juurde. Elemendi polarisatsiooni vältimiseks pannakse lahusesse mitmesugu-seid keemilisi aineid, mida nimetatakse depolarisaatoriks, mille ülesandeks on takistada vesiniku sadestumist elemendi positiivsele elektroodile.

Selliseid aineid on palju. Väga tihti kasutatakse näiteks mangaanülilihapendit (MnO_2) ja kaaliumdikromaati ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

Küsimusi.

1. Mida nimetatakse elemendi polarisatsiooniks?
2. Kuidas nimetatakse aineid, mida kasutatakse elemendi polarisatsiooni hävitamiseks?
31. **Grenet'** (loe: grenee) **element**. Grenet' element on mittepolariseeruvat tüüpi element. Elektroodideks selles elemendis on tsink- ja söeplaadid, mis on asetatud lahusesse, mis koosneb 1000 cm^3 veest, 100 g kaaliumdikromaadist ja 100 cm^3 väävelhapest.

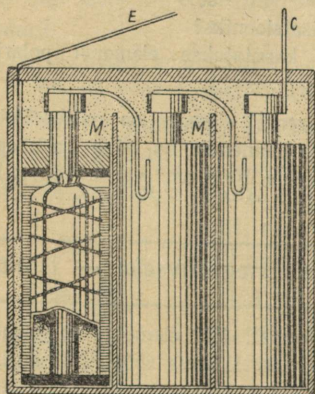
Positiivseks elektroodiks on süsi, negatiivseks — tsink.

Depolarisaatoriks on siin kaaliumdikromaat. Kui elemente ei kasutata, võetakse tsinkplaadikese vedelikust välja, sest lahus söövitab tsingi.

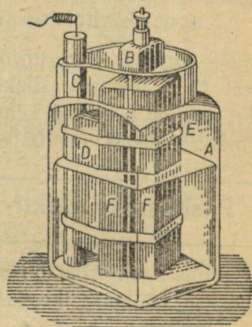
32. **Leklanšee element**. Võtame lahti vana rikutud taskulambi patarei, võttes sellelt noaga ettevaatlikult paberist kesta (joon. 45). Ta koosneb kolmest väikesest tsinksilindrikestest, mis on mitmest kohast läbi söödud. Võtame ühe neist silindrist ja lõikame selle osadeks. Silindri sees on linane kotike, mis on täidetud mangaanülilihapendi ja söe seguga;

pakendi sees asetseb tihedasti sõest silinder, mille väljaulatuva otsale on pandud vaskmütsike. Üksikute tsinksilindri-
keste vahele on pandud kartongitükikesed *M* ja iga tsink-
silinder on traadi abil ühendatud naaberelemendi sõe vask-
mütsikesega. Äärmisest tsiingist ühelt poolt ja äärmisest vask-
mütsikesest teiselt poolt väljuvad plekkribad *C* ja *E*. Kui
võtta lahti enam-vähem korras elektritaskulambi patarei, siis
võib näha, et mangaanülihappendi kotikese ja tsiingi vahele on
valatud mingit kliistrit. See kliister on valmistatud salmiaagi
(MHCl) ja jahu segust. Jahu on lisatud ainult selleks, et
segu saaks tihedam ja ei voolaks patareist välja. Need kolm
silindrit ühes neisse mahutatud sõekestega on taskulambi
patarei üksikud elemendid ja kõik nad on tehtud ühtemoodi.

Sellesüsteemilisi elemente on müügil suurel hulgal. Sageli
kasutatakse mitte kuivi, vaid märgi leklanšee elemente



Joon. 45. Taskulambi patarei
(läbilõige).



Joon. 46. Leklanšee element.

(joon. 46). Need koosnevad tsinkpulgakesest *C* ja sõeplaadik-
akesest *B*, mis on asetatud kahe mangaanülihappendist pressi-
tud plaadikese *F* vahele. Tsink on mangaanülihappendist eral-

datud isolaatori D abil ja on paigutatud purki A , kuhu valatakse salmiaagi ja vee lahust. Sel kombel valmistatud leklanšee element on tarvitamiskõlblik.

Positiivseks elektroodiks siin on süsi, negatiivseks — tsink. Depolarisaatori ülesannet täidab mangaanülihapend.

Küsimusi.

1. Kuidas on ehitatud elektritaskulambi patarei?
2. Kuidas on ehitatud leklanšee märgelment?

33. Akumulaatorid. Peale galvaani elementide kasutatakse praktikas väga tihti akumulaatoreid. Akumulaator koosneb väävelhappe lahusesse asetatud kahest seatinast sõrestikust, mis on täidetud aktiivmassiga. Et saada akumulaatorist voolu, tuleb teda laadida. Laadimiseks lastakse elektrivool läbi akumulaatori, ühendades akumulaatori plussplaadi vooluallika plussklemmiga ja akumulaatori miinusplaadi vooluallika miinusklemmiga. Teatud aja järel on akumulaator laetud ja annab voolu.

Akumulaatorist voolu läbilaskmisel eraldub plaadil, mis on ühendatud vooluallika miinusklemmiga — katoodil —, vesinik, mis muudab aktiivse massi urbseks puhtaks seatinaks. Akumulaatori anoodil aktiivne mass muutub seatina ülihapediks. Selliselt laetud akumulaator annab voolu. Vooluallika energia kutsus esile akumulaatori koosseisu kuuluvate ainete vastastikuse keemilise toime, mille tulemusena võime akumulaatorilt saada voolu.

34. Akumulaatori kasutamine tehnikas. Sõna akumulaator tähendab koguja. Selle ülesandeks on koguda olemasolevaid elektrienergia vabu tagavarasid, muuta seda keemiliseks energiaks ja anda seda elektrienergia kujul tagasi seal ja siis, kus ja millal tema järgi tuntakse vajadust.

Akumulaator töötab alati korralikult (õigel ümberkäimisel) ja kulu tema laadimiseks on märksa odavam kui tühjenenud elementide vahetamine uute vastu.

Akumulaatorite abil võib elektrienergiat toimetada igasse kohta. Nad annavad voolu raudtee-vagunite valgustamiseks rongi seisaku ajal, millal rongi dünamomasinad ei tööta. Akumulaatorite patareid annavad voolu mootoreile, mis panevad liikuma allveelaevu nende allveesõidu ajal. Akumulaatorid on vajalikud autos seisaku ajal valgustamiseks ja auto mootori automaatseks käivitamiseks.

35. Elektrolüüsi kasutamine tööstuses. Esmakordselt kasutas keemia otstarbel elektrolüüsi 1807. a. inglise õpetlane Davy, kes sulatatud leelismetallide soolade elektrolüüsimisel sai kaaliumi ja naatriumi metallses olekus.

Hiljem kasutati elektrolüüsi nähtust metallesemete katmiseks kalliste metallide kihtidega — hõbedaga, kullaga, platinaga ja nikliga. Kuid elektrokeemia tormiline areng algas pärast seda, kui oli leiutatud elektrienergia võimas generaator — dünamosin —, mis on võimeline andma suure tugevusega voolu. Sellest momendist hakkas elektrienergia ikka rohkem ja rohkem tungima keemiatööstusse. Elektrokeemia sai keemiatööstuse üheks aluseks. Loodi lai tööstusala — elektrometallurgia.

36. Vase rafineerimine. Keemiliselt puhas vask etendab elektrotehnika suurt osa. Ta on juhtmete valmistamisel parimaks materjaliks. Vase puhastamist igasugustest segudest nimetatakse vase rafineerimiseks. Seda rafineerimist teostatakse elektri abil.

Puupütid või betoontõrred täidetakse vasevitrioli lahusega. Igähesse neist lastakse mitu ühendatud vaskkatoodi, mis on valmistatud õhukestest keemiliselt puhtaist vaskplaatidest, ja nende vahele mitu anoodi (harilikult ebapuhtast vasest pakse plaate, mis on traatidega kokku pandud). Voolu läbimisel eraldub vasevitriolist katoodile puhas vask, sellal kui anoodi vask lahustub: anoodsed plaadid muutuvad üha õhemaks. Kõrvalised segud, mis olid anoodil, langevad põhja kui sadestis. Kui katood kasvab nii palju kui vaja, siis võetakse ta lahusest välja ja tema asemele riputatakse uus õhuke vaskplaadike. Samuti vajaduse järgi asendatakse äratarvitatud anoodne plaat uuega, mille tagajärjel protsess toimub katkestamatult. Katoodi kasvamise protsess toimub võrdlemisi aeglaselt; seepärast, et saada 80 kg raskusega katoodplaati, nagu see harilikult esineb meie tehastes, on vaja voolu lasta läbi katkestamatult 20—30 ööpäeva jooksul.

Huvitav on märkida, et anoodses sadestises, niinimetatud püraas, leidub rida väärtuslikke ja haruldasi metalle, nende hulgas kulda, platinat ja hõbedat.

Mõningatel juhtudel moodustab pära kaal 1% anoodse plaadi kaalust. Metallide väärtus, mis saadakse pärast, katab rafineerimiskulud seda võrd, et keemiliselt puhta vase hind ei kujune kallimaks hariliku vase hinnast. Vaske, mis saadakse sellise elektrolüütilise meetodiga, nimetatakse elektrolüütiliseks vaseks.

Meie Liidu arenev elektrotehniline tööstus nõuab suurel hulgal puhast vaske. Kapitalistlikul Venemaal olemasolnud tehased, mis jäid meie kätte poolhävitatud olukorras, ei suutnud kaugeltki rahuldada kõiki vajadusi. Et vabaneda vajadusest vedada meil puuduvat vaske sisse välismaalt, kavastati ja teostati esimese ja teise viisaastaku jooksul suur vasevalmistamistehaste ehitamine.

Vasemaagi peamised tagavarad on meil Uuralis, Kaukaasias ja Kasahstanis.

Nõukogude ajal on Uuralis lõpetatud Uurali elektrolüütilise tehase ehitamine, mis toodab igal aastal suurel hulgal elektrolüütilist vaske.

Küsimusi.

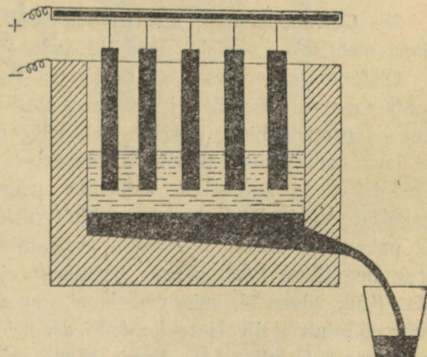
1. Kuidas saadakse rafineeritud vaske?
2. Mis tehakse meie maal tööstuse vasetarviduse rahuldamiseks?

37. Alumiiniumi saamine. Alumiinium — kerge valge metall, mis leiab kõige mitmekesisemat rakendamist, — avastati ligi sada aastat tagasi.

Vaatamata sellele, et alumiiniumi leidub savis, sai ta alles hiljuti praktilise kasutamise osaliseks. 1827. a. saadi alumiiniumi laboratoorsel teel ja tema hind oli võrdne kulla hinnaga. 1886. a. langes alumiiniumi hind kuni 50 rublani kilogramm. Nüüd on alumiinium metall, millest tehakse kõige mitmekesisemaid asju, alates sööginõudest ja lõpetades juhtmetega elektrotehnika vajadusteks.

Alumiiniumi tööstuslik tootmine sai võimalikuks vaid siis, kui selleks hakati kasutama odavat elektrienergiat.

Alumiiniumi saadakse sulatatud alumiiniumoksüüdist elektrolüüsi teel (joon. 47). Erilistesse tiiglitesse kallatakse alumiiniumoksüüdi ja krüoliiti



Joon. 47. Alumiiniumi saamine.

(viimane viib alumiiniumoksüüdi sulamistemperatuuri madalamale). Tiigelse on katoodiks.

Anoodiks on tiiglisse asetatud söevarvad. Lastes voolu läbi maagi, taotellakse selle sulatamist soojusega, mida annab vool. Selleks lastakse algul söevarvad alla kuni kontaktini tiigliga. Pärast seda kui maak on sulanud; tõstetakse söed ülespoole. Vool läheb läbi sulatatud massi ja katoodil (tiigli põhi ja seinad) eraldub puhas alumiinium. Sulatatud alumiinium, raskem kui tema oksüüd, laskub põhja, kust teda erilise ava kaudu lastakse vormidesse.

Alumiiniumi tootmiseks on vaja omada odavat elektrienergiat ja head alumiiniumimaaki. Sellised tingimused on meil NSV Liidus Volhovi elektrijaama rajoonis, kus on alumiiniumimaagi lademed (Tihvini boksiidid). Esimesel viisaastakul lasti siin käiku suure tööstusliku võimsusega Volhovi alumiiniumi-kombinaat. See tarvitab ära peaaegu kogu Volhovi elektrijaama elektrienergia. Üldiselt on alumiiniumitehaseid kasulik ehitada suurte elektrijaamade lähedusse, sest nende jaamade poolt toodetav energia on väga odav. Käesoleval ajal on NSV Liit jõudnud alumiiniumi tootmise alal Euroopa riikide hulgas esikohale.

Peale puhta alumiiniumi ja vase toodetakse käesoleval ajal elektrilisel teel rida muid metalle, nagu magneesium, naatrium, kaalium, kaaltsium jt. Keemiatööstuses valmistatakse elektri abil soodat, kloori, kloorkaltsiumi jt.

Küsimus.

Kuidas saadakse alumiiniumi ja milliseid metalle peale selle saadakse veel elektrolüüsi teel?

38. **Galvanoplastika.** Elektrivoolu abil võib mitmesugustest esemeist saada metalseid koopiaid. Tehakse seda järgmiselt.

Oletame, et on vaja võtta koopia laualt, millele on tehtud reljeefne joonis raamatu või riide jaoks. See osa lauast, millel on joonis, kaetakse õhukese grafiidikihi, mistõttu see külg muutub voolu juhiks. Valmisseatud laud asetatakse vasevitrioli lahusesse ja ühendades sellega juhtme, muudetakse ta katoodiks. Anoodina paigutatakse vasevitrioli lahusesse vaskplaat. Voolu läbilaskmisel eraldub vask lauakesele. Kui on saadud küllalt paks kiht eraldunud vaske, eraldatakse ta lauast. Saadakse vaskleht täpse negatiivse (vastupidise) kujutisega joonisest, mis oli lauall, — matriits. Kõik süvendid, mis olid lauall, on vaskel negatiivil reljeefsed, ja ümberpöörduvalt, reljeefsete kohtade asemele saadi süvendid. Kui sellisest negatiivsest kujutisest on tarvis saada originaali täpset koopiat, siis tuleb võtta koopia saadud matriitsilt, mis olles negatiivse vastupidine koopia,

vastab täiesti originaalile. Kuid tihti on nii, et võib läbi saada teise koo-
piata ja kasutada töö-otstarbeks ainult matriitse.

Sel viisil saadud koopiad on niivõrd täpsed, et seda galvanoplastilist
meetodit kasutatakse matriitside saamiseks, mille abil valmistatakse gram-
mofoniplaate.

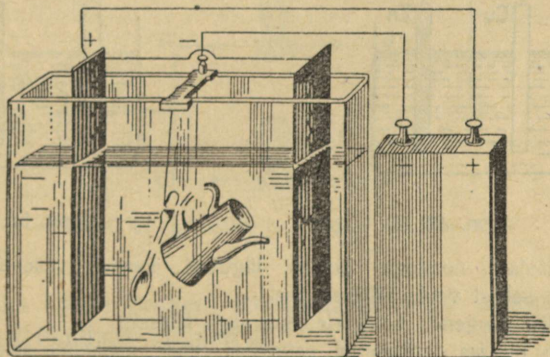
Küsimusi.

1. Millist tehnilist protsessi nimetatakse galvanoplastikaks?
2. Kuidas saada galvanoplastilisel teel täpset koopiat kipsbareljefist
(reljefsest kujutisest)?

39. **Galvanosteegia.** Tihti tuleb kergesti oksüdeeruvate metallide pinda
katta metallidega, mis oksüdeeruvad halvasti: nikliga, hõbedaga, tsingiga jt.

Kõigile on tuntud nikeldatud asjad, näiteks samovarid, teekannud, uisud,
noad, kahvlid jne.

Asjade katmine mitteoksüdeeruvate metallidega elektrolüütilisel teel
on üks odavamaid, kohasemaid ja kiiremaid meetodeid. See meetod kannab
galvanosteegia nimetust.



Joon. 48.

Ex bibl. univ. Tart.

Ese, mida soovitakse katta niklikihiga, puhastatakse mustusest ja
rasvapekkidest ning paigutatakse siis galvanoplastilisse vanni (joon. 48).
Vanni valatakse väävelhaput niklit (NiSO_4). Anoodina võetakse tükk niklit,
katoodiks aga on ese ise. Lastes teatud aja jooksul voolu läbi, saadakse
lahuses oleval esemel tihe, vajaliku paksusega niklikiht.

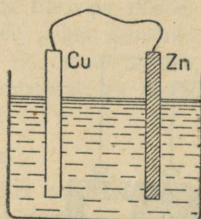
Hõbetamisel ja kuldamisel kasutatakse kulla- ja hõbedasoolade lahuseid.

Küsimusi.

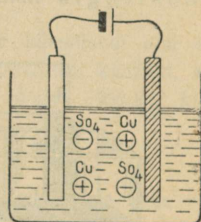
1. Mis on galvanosteegia?
2. Kuidas katta nikliga uisud?
3. Mis on mingi eseme katmisel nikliga katoodiks ja anoodiks?

Ülesandeid III peatüki juurde.

1. Kas võivad dissotsiatsiooni juures tekkida ühemärgilised ioonid? Miks?
2. Millist laengut omavad vase ioonid vasevitrioli lahuses?
3. Miks nikeldamise juures pannakse anoodina nikkelplaadike? Kas eraldub nikkel niklisoola lahusest, kui niklit anoodil asendada mingi muu metalliga?
4. Näidata nooltega (joon. 49), kuidas liigub vool ahelas, mis koosneb volta elemendist ja juhtimest.



Joon. 49.



Joon. 50.

5. Näidata nooltega, kuidas liiguvad ioonid vasevitrioli lahuses (joon. 50) sellest voolu läbilaskmisel.
6. Miks nõrgeneb volta element väga kiiresti?
7. On olemas taskulambi patareisid, mille poolustel pole tähendatud märke + (pluss) ja - (miinus). Kuidas saab kindlaks määrata selliste vooluallikate pooluseid?
8. Kui kaaluda ära leklansee elemendi tsinkplaadike enne ja pärast elemendi töötamist, kas ilmneb siis vahe selle kaalus? Millele see osutab?
9. Kui palju kuloneid läks läbi vasevitrioli lahuse, kui katoodile eraldus 2,303 g vaske?
10. Üks ja sama vool läbib lämmastikhape hõbeda lahuse ja vasevitrioli lahuse. Millisest lahusest eraldub rohkem metalli?

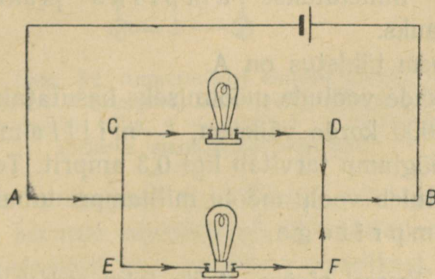
IV peatükk.

ELEKTRIVOO LU SEADUSED.

40. **Voolutugevus.** Lülime vooluvõrku elektrilambi. Lamp põleb heledasti, tähendab läbi tema niidi voolab küllaldane hulk elektrone, mis eritavad lambi põlemiseks vajalikku energiat.

Teise sama liiki lambi põlemiseks vajatakse 1 sekundis silmanähtavalt sama suurt energia hulka.

Kui lülida mõlemad lambid võrku nii, et vool läbiks neid paralleelselt (joon. 51), siis peab kahe lambi põlemiseks ühist juhet, mis toob voolu neile lampidele, sekundis



Joon. 51. Lampide paralleelne lülitamine.

lähima kaks korda rohkem energiat, kui iga üksikut juhet, mis lähevad üksikute lampideni.

Mida rohkem on lülitatud lampe paralleelselt, seda suurem energiahulk peab juurde voolama ühist juhet mööda ajaühikus.

Elektrihulka, mis voolab läbi juhi ristlõike 1 sekundis, nimetatakse voolutugevuseks.

Küsimusi.

1. Mis vahe on tugeva ja nõrga voolu vahel?
2. Kus nõutakse tugevamat voolu, kas ühe või mitme samasuguse lambi põlemiseks?
3. Mida nimetatakse voolutugevuseks?

41. **Voolutugevuse ühik.** Vooluahelast läbivoolanud elektri hulga üle võib otsustada ta toime järgi. Vool, minnes läbi lämmastikuhapu hõbeda lahuse, eraldab katoodele hõbedat.

Katoodile eraldunud metallihulga järgi võime otsustada lahusest läbivoolanud elektri hulga üle.

Voolutugevuse rahvusvaheliseks ühikuks — ampriks — on võetud alalisvoolu tugevus, mis voolates läbi lämmastikuhapu hõbeda vesilahuse eraldab 1 sekundi jooksul 1,118 mg hõbedat. Seda ühikut nimetatakse ampriks prantsuse füüsiku Am p è r e'i auks.

Ampri lühem tähistus on A.

Väga nõrkade voolude mõõtmiseks kasutatakse ühikut, mis on amprist 1000 korda väiksem, — milliamprit.

Harilik hõõglamp tarvitab ligi 0,3 amprit. Teaduslike uurimiste juures tuleb voolu mõõta milliampri tuhandike osadega — mikroampritega.

Märkus. Eespool nägime, et üks kulon eraldab hõbedasoola lahusest 1,118 mg hõbedat. Kuna ka 1-amprine vool eraldab sekundis 1,118 mg hõbedat, peame järeldama, et üheamprise voolu juures läbib juhi ristlõiget üks kulon sekundis.

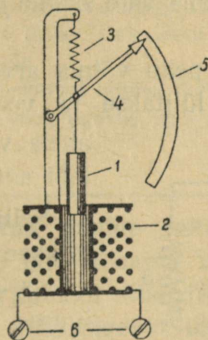
Seda võib lühidalt järgmiselt üles tähendada: $1 \text{ amper} = \frac{1 \text{ kulon}}{\text{sek}}$.

Küsimusi.

1. Mis on voolutugevuse rahvusvaheliseks ühikuks?
2. Millist voolu nimetatakse üheampriseks vooluks?
3. Millised ühikud on amprist väiksemad?

42. **Ampermeeter.** Määrata alati voolutugevust katoodile eraldunud hõbedahulga järgi on väga ebamugav ja enamikel

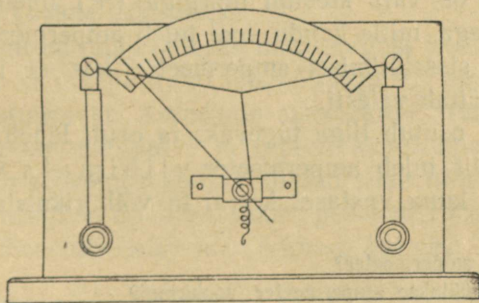
juhtudel, kui vool tihti muutub, ka isegi võimata. Voolutugevuse mõõtmiseks kasutatakse spetsiaalset riista — ampermeetrit. Mõnedes ampermeetrites tõmbub poolisse, mida mööda läheb vool, raudsüdamik (joon. 52). Mida tugevam on



Joon. 52. Ampermeetri ehituse skeem.

1 — raudsüdamik; 2 — traatpool, mida läbib mõõdetav vool; 3 — vedru tõmbab südamiku poolist välja; 4 — osuti; 5 — riista skaala; 6 — riista ahelasse sisselülitamise klemmid.

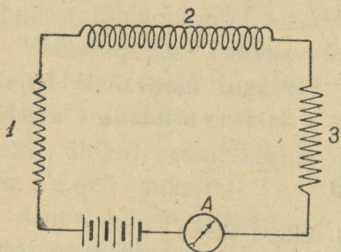
vool, seda sügavamale pooli sisse tõmbub raudsüdamik ja seda enam kaldub kõrvale südamikuga ühendatud osuti. Teistes süsteemides soojendab vool peenikest traadikest, mis on tõm-



Joon. 53. Soojus-ampermeetri skeem.

matud pingule kahe toekese vahele. Soojenemisel traadike pikeneb, mille tagajärjel ampermeetri osuti, mis on ühendatud pikeneva traadiga (joon. 53), liigub edasi. Tehnikas kasutatakse mitmesuguse ehitusega ampermeetreid. Enamikel juhtudel on väljastpoolt näha vaid skaala ja osuti. Skaala näitab ampreid ja selle osi.

Kuna ampermeeter peab võtma arvele kogu voolu, mis läbib vooluahelat, siis lülitakse ta vooluringi nii, et kogu ahela vool tingimata läheks läbi ampermeetri (joon. 54).



Joon. 54. Ampermeetri lülitamine ahelasse.

Sellist sisselülimist nimetatakse järjestikuliseks, kuna selle lülimise juures kogu vool läheb läbi seadise, mis on lülitud vooluringi.

Ampermeetril on vooluringi lülimiseks 2 klemmi.

Väga tihti tähistatakse ampermeetri ühte klemmi märgiga pluss (+), teist märgiga miinus (—), või sel pole ühtegi märki. See tähendab, et sellise ampermeetri õigeks näitamiseks on vaja klemmi märgiga (+) ühendada tingimata juhtmega, mille kaudu vool tuleb ampermeetrisse.

Ebaõigel sisselülimisel ampermeeter käs ei näita voolu üldse, või näitab valesti.

Kui vool osutub liiga tugevaks ja osuti läheb skaala piirist välja, siis tuleb ampermeeter viibimata vooluringist välja lülida, kuna vastasel korral ta võib rikneda.

Küsimusi.

1. Mis on ampermeeter?
2. Kuidas lülitakse ampermeeter vooluringi?
3. Joonestage vooluringi skeem ühes ampermeetriga, mis määrab voolutugevuse lambis.

43. Laboratoorne töö nr. 2. Töö eesmärk. Uurida voolutugevust vooluringi mitmesugustes osades.

Töövahendid: vooluallikas; ampermeeter; isoleeritud traadi poolide komplekt või muid seadmeid vooluringi moodustamiseks; juhtmeid ühenduste tegemiseks.

Antud riistade abil koostage vooluring, võttes neid soovitud järjekorras ja hoolitsedes, et vool läbiks järjestikku kõiki riistu. Selline vooluring on kujutatud joonisel 54.

Lülides ampermeetri vooluringi mitmes kohas (mitmesuguste seadmete vahele), määrake kindlaks voolutugevus neis kohtades ja tähendage üles ampermeetri näitamised.

Järjestikku ühendatud juhtide mitmesse kohta lülitud ampermeeter näitab üht ja sama voolutugevust, millest meie järeldame: järjestikku ühendatud vooluringi igas osas on voolutugevus ühesugune.

44. Juhtide takistus. Lülides vooluallikast, ampermeetrist ja juhtidest koosnevasse vooluringi mitmesugused juhid, võib tähele panna, et üks ja sama vooluallikas annab mitmesugust voolutugevust olenevalt juhtide omadustest, mis on lülitud vooluringi. Vooluringist osa juhtide väljalülimisel vool suureneb, vooluringi uute juhtide sisselülimisel vool väheneb. Iga juht on voolule takistuseks.

Mitmesugused juhid omavad mitmesugust takistust. Lülime vooluringi 1 m nikeliintraati läbimõõduga 0,5 mm ja paneme tähele voolutugevust. Asendame sisselülitud traaditüki pooliga, millele on mähitud 5 m täpselt samasugust traati, — vool väheneb peaaegu 5 korda. Lülinud sisse 10-meetrise pooli täpselt samasuguse traadiga, saame peaaegu 10-kordse voolutugevuse vähenemise võrreldes esimese katsega.

Traadi takistus suureneb traadi pikkuse suurenemisega.

Asendanud katseks võetud nikeliintraadi samast materjalist peenema traadiga, näeme, et

peenike traat omab suuremat takistust kui sama pikkusega jäme traat.

Kui võrrelda kahte erinevast metallist ühesuguste mõõdetega traati, siis veendume, et nende takistused on erisugused.

Vasktraadi takistus on väiksem kui samade mõõdetega raudtraadil ja raudtraadi takistus väiksem kui nikeliintraadil.

Küsimusi.

1. Missugused traadid omavad suuremat takistust — pikad või lühikesed, jämedad või peenikesed? Mispärast?
2. Kas ühesuguste mõõdetega erinevast metallist traatide takistused on ühesugused?

45. Juhtmete takistuse arvutus. Esimesena leidis elektri-vool praktilist kasutamist telegraafis. Seoses telegraafi vajadusega anda voolu edasi suurtele kaugustele, oli tarvilik hoolikalt uurida tingimusi, mille juures see edasiandmine on võimalik.

Uurides mitmesuguste juhtmete takistusi, tehti kindlaks, et

juhtme takistus on võrdeline juhtme pikkusega ja pöördvõrdeline tema ristlõike pindalaga.

Kui tähistada juhtme takistust tähega R , juhtme pikkust meetrites tähega l ja ristlõike pinda ruutmillimeetrites tähega s , siis võib takistuse R suurust avaldada valemiga:

$$R = \varrho \frac{l}{s},$$

kus koefitsient ϱ^1 , mis kuulub valemisse, nimetatakse **eritakis-**

¹ Kreeka täht ϱ (roo).

tuseks ja ta näitab antud ainek sambat takistust, kui sambat pikkus on 1 m ja ristlõike 1 mm².

Teades 1 m pikkuse ja 1 mm² ristlõikega antud traadi takistust, võib arvutada iga traadi takistust, mis on valmistatud samast ainek. On vaid vaja kokku leppida, mida võtta takistuse ühikuks.

Takistuse ühikuks võetakse takistus, mida evib elavhõbedasammas pikkusega 106,3 cm ja ristlõikega 1 mm² 0°C juures.

See ühik nimetati oomiks saksa õpetlase Ohm'i auks, kes avastas elektrivoolu seadused.

Sõna oom asemel kirjutatakse märk Ω (kreeka täht — oomega).

Ühe miljoni oomilist takistust nimetatakse megoomiks ja tähistatakse märgiga M Ω .

Eritakistuste tabel.

Vaadeldes seda tabelit, näeme, et kõige väiksemat eritakistust evib hõbe, väga lähedal sellele on vask; metallide sulamid omavad suuremat eritakistust; eriti suur on söe eritakistus. Need ained, mida nimetame iso-laatoreiks, lasevad tegelikult voolu läbi, ainult nende takistus on väga suur.

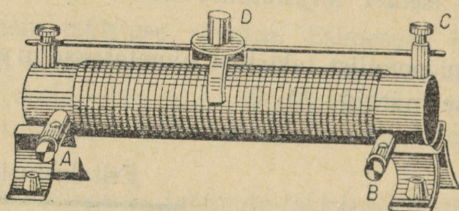
Aine.	Eritakistus.
Hõbe . . .	0,0158
Vask . . .	0,0175
Alumiinium .	0,032
Raud . . .	0,13
Uushõbe . . .	0,301
Nikeliin . . .	0,45
Elavhõbe 18° juures . .	0,958
Süsi hõõglambis . . .	40

Küsimusi.

1. Millise valemi järgi võib arvutada traadi takistust?
2. Kuidas väljendada takistuse valemit sõnadega (lk. 59)?
3. Mida tähendab täht ρ , mis kuulub takistuse määramise valemisse?
4. Mida nimetatakse eritakistuseks?
5. Milliste ühikutega mõõdetakse takistust?
6. Mis on oom?
7. Kui suur on 1 meetri pikkuse ja 1 mm^2 läbilõikega raudtraadi takistus?

46. **Reostaadid.** Riistu, mille abil, muutes vooluahela takistust, võib reguleerida ahelas voolutugevust, nimetatakse reostaatideks.

Suure eritakistusega traat keritakse silindrile, mis on tehtud isolaatorist, ja traadi otstele kinnitatakse klemmid *A* ja *B* (joon. 55). Silindri kohal ülal kinnitatakse metalsele varvale



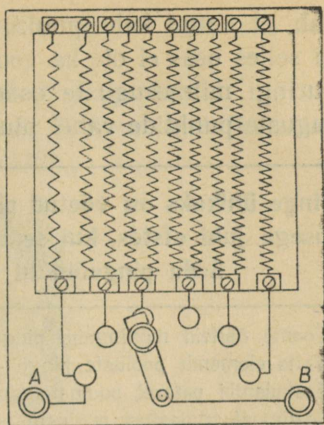
Joon. 55. Liikuva kontaktiga reostaat.

liikuv kontakt *D*, mis puudutab tihedalt traatmähist. Reostaat lülitakse vooluringi klemmide *A* või *B* ja metasel varval oleva klemmi *C* abil. Liigutades kontakti *D* siia- või sinna- poole, suurendatakse või vähendatakse sisselülitatud traadi pikkust.

Teine liik — vāntreostaat, mis koosneb reast raudtraadi spiraalidest, on kujutatud skemaatiliselt joon. 56.

Isolaatorist valmistatud raami küljes on all rida metalseid kontakte ja metalne käepide, mida pöörates ümber telje võib

suruda tihedasti vastu ühte või teist kontakti. Esimese kontakti külge, mis on ühendatud klemmiga A, on kinnitatud traadi algus, mis hõlmates siksakiliselt järjestikku üksteisest eraldatud ülemisi liiste ja alumisi kontakte, lõpeb viimase kontakti juures. Vooluga on ühenduses esimene kontakt ja käepideme telg. Käepideme asendi puhul, mis on näidatud joonisel 56, läheb vool, minnes sisse esimesest kontaktist, läbi nelja traatspiraali ning käepideme ja väljub klemmi B kaudu.



Joon. 56. Väntreostaat.

Küsimusi.

1. Milleks kasutatakse reostaate?
2. Missugust traati kasutatakse reostaatide valmistamiseks?

Harjutus.

Koostage vooluring elektrilambist, patareist ja reostaadist, ühendades neid järjestikku. Kuidas mõjutab lambi heledust takistuse muutmine sisselülitatud reostaadiga?

47. **Pinge.** Et elektronid juhis liiguksid, on vaja juhi otstes säilitada pinget.

Koostame vooluahela mitmesuguste takistustega juhtidest, vooluallikast ja ampermeetrist. Kui ahel sulgeda, siis läbib seda vooluringi vool. Täheendab, vooluringi iga kahe punkti vahel on pinge, mis sunnib elektrone nende punktide vahel ümber asetuma, milles võime veenduda, ühendades vooluringi katsealuste punktidega spetsiaalse riista pinge mõõtmiseks — **voltmeetri**.

Kui voltmeeter, mis on ühendatud ahela kahe punktiga,

näitab, et antud kahe punkti vahel pinget ei ole, siis vooluringi selles osas ei ole ka voolu. Voltmeeter, mis ühendatakse vooluringi mitmesuguste osadega, näitab, et vooluringi mitmesuguste punktide vahel pinge on erinev.

Pinge ühikuks on võetud pinge, mis on üheoomise takistusega juhi otstes, kui seda juhti läbib üheamprine vool. Seda pingeühikut nimetatakse voldiks.¹

Toome näiteid mõningaist pingeist.

Volta elemendi pooluste pinge — ligi 1 volt.

Taskulambi patarei pooluste pinge — 4,5 volti.

Seatina-akumulaatori pooluste pinge — 2 volti.

Elektrivoolu pinge linnades on mitmesugune: ühtedes linnades on ta 110 volti, teistes — 220 volti.

Küsimusi.

1. Mis on pinge?
2. Millise riistaga mõõdetakse pinget?
3. Milliste ühikutega mõõdetakse pinget?
4. Mis on volt?
5. Kus on pinge suurem: kas antud juhtme otstes või ühe otsa ja keskkoha vahel?

48. Pinge mõõtmine voltmeetriga. Pinge mõõtmiseks kasutatakse riistu, mida nimetatakse **voltmeetriteks**. Väliselt nad ei erine millegi poolest ampermeetrist.

Nende eristamiseks ampermeetrist on skaalal märk **V** või sõna **volt**.

Võrreldes ampermeetri ja voltmeetri sisemist ehitust, märkame, et ampermeetri pool on tehtud jämedamast traadist kui voltmeetri pool. Ampermeetri pool omab märksa väiksemat takistust kui voltmeetri pool.

On täiesti arusaadav, et mõõduriistad, mis lülitakse vooluringi sellest läbimineva voolu mõõtmiseks, peavad olema ehi-

¹ Itaalia õpetlase Volta auks.

tatud nii, et nende lülimine vooluringi ei muudaks sellest läbimineva voolu hulka.

Ampermeeter lülitakse vooluringi järjestikku.

Tal peab olema väike takistus, et tema sisselülimisel ei muutuks mõõdetav vool märgatavalt.



Volta (1745—1827), itaalia füüsik —
esimese galvaani elemendi leiutaja.

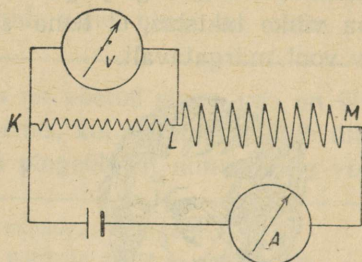
Vooluringi kahe punkti vahelise pinge mõõtmiseks lülitakse voltmeeter mõõdetavasse ossa nii, nagu see on näidatud joonisel 57. Sellist sisselülimist nimetatakse paralleelseks lülimiseks.

On tarvilik, et voltmeeter omaks võimalikult suuremat takistust, sest ainult sel tingimusel tema lülimine vooluringi ei muuda märgatavalt voolu tugevust katsetatavas osas, milles võime veenduda katse abil.

Joonisel 57 on näidatud elektri vooluahel, millesse on lülitatud ampermeeter vooluringi voolu tugevuse mõõtmiseks ja voltmeeter, millega mõõdetakse pinget punktide *K* ja *L* vahel.

Küsimusi.

1. Milline vahe on ampermeetri ja voltmeetri ehituses?
2. Mis vahe on ampermeetri ja voltmeetri sisselülamise vahel?



Joon. 57. Ampermeetri ja voltmeetri lülamine voolu ahelasse.

49. **Ohm'i seadus.** Kui vooluringi, mis koosneb lambist ja ampermeetrist, lülida üks suur lekkanšee element, siis võib märgata, et vooluringis on väga nõrk vool ja lambi niit ei hõõgu. Niipea kui elemendis asendame värske taskulampi-patareiga, suureneb vool vooluringis ja lambi niit hõõgub heledasti. Mõõtnud pinget vooluringi otstes elemendi ja taskulambi-patarei sisselülamise, näeme, et patarei sisselülamise on pinge märksa suurem.

Tähendab:

Voolu tugevus juhis suureneb pinge suurenemisega juhi otstes.

Lüüdnud vooluringi ühe lambi asemel kaks lampi järjestikku, suurendame sellega vooluringi takistust ja märkame, et voolu tugevus vooluringis väheneb.

Voolu tugevus väheneb vooluringi takistuse suurenemisega.

Uurinud voolu tugevuse sõltuvust takistusest ja pingest,

määras Ohm 1827. a. kindlaks olenevuse nende kolme suuruse vahel, mida sõnastatakse järgmiselt:

Voolu tugevus juhis on võrdeline pingega juhi otstes ja pöördvõrdeline juhi takistusega.

See sõltuvus voolu tugevuse, pinge ja takistuse vahel kannab Ohm'i seaduse nimetust.

Ohm'i seadus on üks elektrivoolu põhilisi seadusi.

Kui tähistada voolu tugevust, mis on avaldatud amprites, tähega I , pinget voltides tähega U ja takistust oomides tähega R , siis võib Ohm'i seadust üles tähendada järgmise valemiga:

$$I = \frac{U}{R}$$

Kui teame ahelalõigu voolutugevust ja takistust, siis võime leida pinge lõigu otstes:

$$U = I \cdot R$$

Juhi otste pinge on võrdne voolutugevuse ja juhi takistuse korrutisega.

Määrates takistust Ohm'i seaduse valemi järgi, saame:

$$R = \frac{U}{I}$$

Juhi takistus on võrdne juhi otste pinge ja voolutugevuse jagatisega.

Näiteid:

1. Määrata voolu tugevus, mis läbib 240-oomise takistusega elektrilampi, kui linna elektrivõrgu pinge on 120 volti.

Lahendus.

$$I = \frac{120 \text{ volti}}{240 \text{ oomi}} = 0,5 \text{ amprit.}$$

2. Elektrisoojendaja traadi takistus on 22 oomi. Seda läbiv vool — 5 amprit. Määrata pinge klemmides.

Lahendus.

$$U = 22 \times 5 = 110 \text{ volti.}$$

3. Akumulaatori pooluste pinge on 2 volti. Vooluringi läbiv vool — 0,5 amprit. Leida vooluringi takistus.

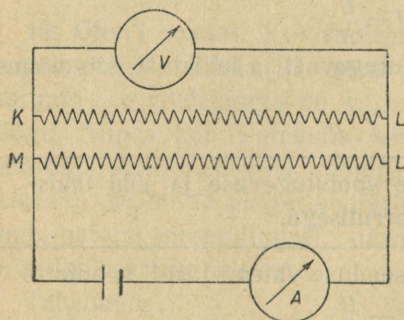
Lahendus.

$$R = \frac{2 \text{ volti}}{0,5 \text{ amprit}} = 4 \text{ oomi.}$$

50. Laboratoorne töö nr. 3. Takistuse mõõtmine vooluringi lõigus. Riistad ja materjalid: vooluallikas; juhtmed ühenduste tegemiseks; kaks mõõdetavat takistust; voltmeeter ja ampermeeter.

1. Ühendanud järjestikku (joon. 55) vooluallika, mõlemad mõõdetavad takistused KL ja LM ja ampermeetri, ühendage voltmeeter paralleelselt

takistuse KL klemmidega. Sis-
selülinud voolu, määrake voo-
luringi voolu tugevus I ja
pinge U takistuse KL otstes.
Saadud andmete järgi mää-
rake otsitava takistuse suu-
rus.



Joon. 58. Takistuste
paralleelne ühendus.

Samal viisil määrake tei-
se takistuse suurus ja üldine
takistus.

2. Ühendage mõõdetavad
takistused paralleelselt ja
lülige need vooluringi skee-
mi järgi, mis on kujutatud
joonisel 58. Määrake voolu tu-
gevus vooluringis, pinge paral-

leelselt ühendatud takistuste klemmides ja arvutage nende üldine takistus.

Küsimusi.

1. Kas kahe järjestikku ühendatud juhi ühine takistus on suurem või väiksem takistuste summast?
2. Kas mõlema paralleelselt ühendatud juhi ühine takistus on väiksem või suurem takistuste summast?
3. Mis on suurem, kas ühe juhi takistus, või kahe paralleelselt ühen-
datud juhi ühine takistus? Miks?

51. **Voolu töö ja võimsus.** Tutvudes elektrivoolu mitmesuguste nähtustega, nägime, et elektrivool võib teha tööd. Elektromootorite abil paneb vool käima mitmesuguseid tööpinke, tramme. Juhe, mida mööda läheb vool, soojeneb. Voolu mitmesuguste nähtuste juures täheldame elektrenergia muundumist energia muudeks liikideks.

Töö hulk, mida teeb vee vool, sõltub vee hulgast, mis voolab läbi teatud voolujuhtmeloike, ja sellest survest, mille mõjul vesi voolab. Täpselt samuti on ka elektrivoolu töö võrdeline juhi ristlõikest läbivoolanud elektri hulgaga ja pingega, mille mõjul kulgeb vool.

Ühe kuloni ümberasetumisel lõigus pingega üks volt tehakse tööd 1 džaul.

Džaul on väga väike tööühik: ühes kilogramm-meetris on 9,8 džauli.

Lõigus, mille pinge on U volti, sooritatakse e kuloni ümberpaigutamisel töö

$$A = eU \text{ džauli.}$$

I -amprine vool kannab 1 sekundis läbi juhtme ristlõike $e = It$ kulonit. Järelikult I -amprise voolu töö U -voldise pingega juures t sek. jooksul on

$$A = IUt \text{ džauli.}$$

Voolu võimsus on arvuliselt võrdne tööga, mida teeb vool 1 sekundis. Teades voolu A tööd t sekundi jooksul, võime leida ühe sekundi jooksul tehtava töö. Voolu võimsus:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{IUt}{t} = IU.$$

Voolu võimsus on võrdeline voolu tugevusega ja pingega, mille mõjul kulgeb vool.

Elektri alalisvoolu võimsus 1-amprise tugevuse ja 1-voldise pingega puhul on 1 vatt.

Vati rahvusvaheline lühend — W, vene oma — BT.

1 vatt = 1 amper $\times$ 1 volt.

1000 vatti moodustab ühe kilovati (kW).

100 vatti moodustab ühe hektovati (hW).

Hobujõud on 736 vatti.

Küsimusi.

1. Millistest suurustest sõltub voolu võimsus?
2. Mis on vatt?
3. Kuidas arvutada voolu võimsust?

Harjutusi.

1. Millise võimsuse kulutab ära lamp, mis tarvitab 0,5 amprit, kui lambi klemmide pinget on 110 volti?
2. 110-voldise pingega vooluvõrku lülitatud mootor võtab voolu 7,35 amprit. Määrake mootori võimsus.
3. Lamp nõuab 100-vatist võimsust. Milline vool läbib lampi, kui see tüldi 110-voldise pingega vooluvõrku?

52. Elektrivoolu tööühikud. Töö, mida elektrivool teeb ühe sekundi jooksul 1-vatise vooluvõimsuse juures, võrdub vatt-sekundiga. Tehnikas mõõdetakse elektrivoolu tööd hektovatt-tundide või kilovatt-tundidega. **Hektovatt-tund on töö, mida elektrivool teeb ühe tunni jooksul 1 hektovatise vooluvõimsuse puhul.**

Hektovatt-tund (lühendatult hWh) võrdub 100 vatti $\times$ $\times$ 3600 sek. = 360 000 vatt-sekundiga (džauliga).

Kilovatt-tund on töö, mida teeb ühe tunni jooksul 1-kilovatise võimsusega vool.

Üks kilovatt-tund on $1000 \times 3600 = 3\,600\,000$ džauli.

Voolu võimsus on voolu töö 1 sekundis.

Et arvutada voolu tööd, tuleb voolu võimsus korrutada ajaga.

Näide. Määrata töö, mis on tehtud 5-hektovatise voolu poolt 0,2 tunni jooksul. $A = 5 \text{ hW} \times 0,2 \text{ tundi} = 1 \text{ hW-tund.}$

Küsimusi.

1. Milliste ühikutega mõõdetakse voolu tööd?
2. Mis on kilovatt-tund?

Ülesandeid IV peatüki juurde.

1. Milline kahest traadist — raud- või vasktraat ühesuguse ristlõike ja pikkusega — omab suuremat takistust? mitu korda?
2. Millega võrdub 100 m vasktraadi takistus, mille ristlõike on 2 mm^2 ?
3. Määrata 5 m raudtraadi takistus, kui traadi ristlõike on 1 mm^2 ?
4. $0,8 \text{ mm}^2$ ristlõikega rull vasktraati omab 2-oomist takistust. Leida traadi pikkus.
5. 1 mm^2 ristlõikega traadid vasest, rauast, nikeliinist ja alumiiniumist omavad igaüks 10-oomist takistust. Kui pikk on iga traat?
6. Millise ristlõikega peab võtma alumiiniumtraadi, et tema takistus oleks sama kui vasktraadil, mille ristlõike pind on 2 mm^2 , kui mõlema traadi pikkused on ühesugused?
7. Millise ristlõikega peab võtma nikeliintraadi reostaadi ehitamiseks, mis on kalkuleeritud 20 oomile 100 m traadipikkuse juures.
8. Määrata elektrijaamast tarbijani ulatuvate vaskjuhtmete takistus, kui see vahemaa on 2 km ja traadi ristlõike on 50 mm^2 .
9. Millise pikkusega peab võtma 2 mm^2 ristlõikega nikeliintraadi reostaadi spiraalide jaoks (joon. 56), mis on kalkuleeritud 20-oomisele üldisele takistusele nii, et käepideme üleviimisel ühelt kontaktilt teisele tema takistus suureneks 4 oomi võrra?
10. Isoleerimata traaditüki takistus on 1 oom. Milline on sama traadi takistus, kui see keskelt poolitada ja saadud pooled täies pikkuses kokku põimida?
11. Millega võrdub trammi vask-õhujuhtme takistus, mille pikkus on 3 km ja ristlõike 30 mm^2 ?
12. Määrata 3 mm^2 ristlõikega raudtraadi kaal, mis on võetud 2-oomise takistusega reostaadi ehitamiseks?
13. Elektri vooluringi (joon. 59) on lülitatud liikuva kontaktiga reostaat. Näidake nooltega, kuidas kulgeb vool reostaadis.
14. Määrata Moskva ja Leningradi vahelise telegraafijuhtme takistus, kui nendevaheline kaugus on 650 km ja juhe on tehtud raudtraadist diametriga 4 mm.
15. Määrata ristlõike pind raudtraadile, mille pikkus on 8 m ja takistus 2 oomi.

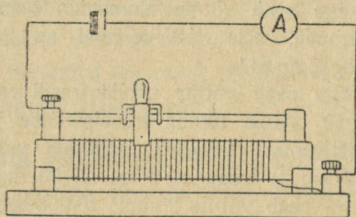
16. Määrata elektrilambi metallniidi ristlõike pind, kui selle takistus kuumas olekus on võrdne 200 oomiga, niidi pikkus 25 cm ja niidi aine eritakistus = 0,2.

17. Raadiovastuvõtja jaoks on vaja ehitada reostaat, mis on arvestatud 20 oomile. Millise ristlõikega peab võtma nikeliintraadi pikkusega 5 m?

18. Milline on eelmises ülesandes tähendatud reostaadi takistus, kui nikeliintraadi asemel võtta sama pikkusega raudtraat?

19. Vooluringi lülitud ampermeeter näitab voolu tugevust 1,8 amprit. Kas ampermeetri andmed on õiged, kui kontrollitud voltmeeter näitab 1,4-oomise takistuse otstes pinget 2,5 volti?

20. Inimesele on surmav umbes 0,01-amprise tugevusega vool. Inimese keha keskmine takistus on 50 000 oomi. Milline pinge on inimesele surmav?



Joon. 59.

21. Määrata trammivaguni mootori mähise takistus, kui trammivõrgu pinge on 575 volti ja mähist läbiva voolu keskmine tugevus on 71 amprit.

22. Ampermeetri takistus on 0,02 oomi. Maksimaalne koormus on 10 amprit. Kas võib antud ampermeetrit lülida vahetult akumulaatori külge, mille pooluste pinge on 2 volti?

23. Kaks traati — raud- ja vasktraat ühesuguse pikkuse ja ühesuguse ristlõikega — on lülitatud vooluahelasse paralleelselt. Millist traati läbib suurema tugevusega vool? Mispärast?

24. Milline on hõõglambi traatide takistus, kui traadist läheb läbi vool tugevusega 0,12 amprit ja niitide otste pinge on 120 volti?

25. Määrata pinge juhtme otstes, mille takistus on 20 oomi, kui juhet läbib vool tugevusega 0,2 amprit.

26. Millist pinget näitab voltmeeter, mis on kinnitatud nikeliintraadi külge takistusega 2,5 oomi, kui vooluringi lülitud ampermeeter näitas voolutugevust 1,2 amprit?

27. Hõõglambi pinge on 110 volti, tema takistus põlemise ajal on 80 oomi. Millise tugevusega vool läbib lampi?

28. Arvutada voolu tugevus, mis läbib kaarleeklampi, mille takistus on 1,2 oomi, kui pinge lambi otstes on 48 volti.

29. Määrata takistus 16-küünlasel söeniitlambil, mis põleb 120-voldise pinge juures, kui voolu tugevus selles on 0,25 amprit.

30. Kui suur on 10-hobujõulise mootori võimsus kilovattides?

31. Kui palju energiat kulutab 5 tunni jooksul elektriahi, mis 120-voldise pinge juures tarvitab 10-amprise tugevusega voolu?

32. Trammivaguni liikumise ajal läheb läbi trammi mootori 80-amprine vool pingega 500 volti. Kui suur on voolu võimsus kilovattides?

33. Mootor, mis paneb käima treipinki, omab võimsust 2,5 HJ. Määrata selle voolu tugevus, mis voolab treipingis töötamise ajal, kui pinge mootori klemmides on 220 volti.

34. Rajooni-elektrijaama energia, võimsusega 48 000 kilovatti, antakse Moskvale edasi 115 000-voldise pingega. Millega võrdub voolu tugevus juhtmeis, mis seda voolu edasi annavad?

35. Määrata juhtmete takistus eelmise ülesande tingimuste kohaselt, kui pinge kaotus neis ei ületa 10% üldisest edasiantavast pingest?

36. Dneprogressi iga turbogeneraatori võimsus on 80 000 HJ. Määrata turbogeneraatori poolt antava voolu tugevus, kui pinge selle klemmides on 6 kilovolti (üks kilovolt on 1000 volti).

37. Kui palju tuleb maksta elektrijaamale 50-vatise lambi põlemise eest kuus, kui lamp põleb keskmiselt 5 tundi päevas? Energia hind on 25 kop. kilovatt-tund.

38. Millise tugevusega vool lasti läbi juhi, kui selle töö 15 minuti jooksul võrdus 40 500 džauliga ja vooluringi pinge oli 15 volti?

V peatükk.

ELEKTRIENERGIA MUUNDUMINE SOOJUSENERGIAKS.

53. Voolu soojuslik toime. Katsed näitavad, et juht, mida mööda kulgeb vool, soojeneb. Juhtide soojenemist voolu abil võib seletada järgmiselt: liikuvad elektronid põrkavad kokku juhi aine aatomite ja molekulidega ning annavad neile edasi

osa oma kineetilisest energiast, sundides neid tugevamini võnkuma. Vastavalt molekulaar-kineetilisele teooriale tähendab molekulide liikumise tugevnemine juhi temperatuuri tõusu.

Mida suurem on juhi takistus ja mida rohkem elektrone liigub edasi üheaegselt, seda suurem peab olema juhi soojenemine.

Võtame ühesuguse pikkuse ja paksusega mitmesugusest metallist (raud, nikeliin, vask) traaditükke, ühendame need järjestikku ja laseme neist voolu läbi.

Traadid soojenevad erinevalt: kõige soojem on nikeliin, siis raud- ja kõige vähem soe on vasktraat.

Voolutugevus kõigis traatides on ühesugune, kuid suurim takistus on nikeliinil, väikseim kõigist — vasel.

Suurendades voolutugevust märkame, et suureneb ka traadi kuumenemine.

Mida kauem laseme voolu läbi juhtide, seda rohkem tekib neis soojust.

Soojuse hulk, mis tekib juhis elektrivoolu läbimisekul, sõltub voolu tugevusest, juhi takistusest ja ajast.

Küsimusi.

1. Tooge näiteid elektrienergia muundumisest soojuseks.
2. Millest sõltub soojuse hulk, mida vool tekitab juhis?
3. Kuidas selgitada molekulaar-kineetilise teooria alusel juhi soojendamise sõltuvust voolu tugevusest?

54. Joule'i ja Lenzi seadus. Uurides elektrienergia muundumise küsimust soojuseks, tõendasid inglane *Joule* ja vene füüsik *Lenz*, et kui elektrivool mingisugust muud toimet ei avalda, siis kogu ta energia muundub juhtmes soojuseks.

Gramm-kalorite hulk Q , mida tekitab I -amprine vool U -voltdise pingega t sekundi jooksul, on ekvivalentne selleks kulu-

tatud elektrienergiaga UIt vatt-sekundit: $Q = qUIt$, kus koefitsient q annab võrdsuse vatt-sekundite arvu ja sellega ekvivalentse kalorite arvu Q vahel (q on teiste sõnadega võrdetegur). Et määrata kindlaks q tähendust, oletame, et $U = 1$ voldiga, $I = 1$ ampriga, $t = 1$ sekundiga, siis $Q = q$.

Järelikult:

q on soojuse hulk, mida tekitab ühes sekundis 1-vatise võimsusega vool.

Suurst q nimetatakse elektrienergia soojus-ekvivalendiks.

Katselisel teel on leitud, et elektrienergia soojus-ekvivalent $q = 0,24$ gramm-kalorit vatt-sekundis.

See arv näitab, milline soojuse hulk tekib voolu tööga, mis on võrdne ühe vatt-sekundi ehk ühe džauliga.

Asendades suuruse q valemis $Q = qUIt$ tema arvulise suurusega, saame $Q = 0,24 UIt$.

Ohm'i seaduse järgi $U = IR$. Asendades selle U tähenduse valemis $Q = 0,24 UIt$, saame

$$Q = 0,24 I^2 R t \text{ gramm-kal.}$$

Voolu poolt eraldatud soojuse hulk on võrdeline voolutugevuse ruuduga, juhtme takistusega ja ajaga.

See valem, mis on tuletatud inglise füüsiku Joule'i ja temast sõltumatult vene füüsiku Lenzi poolt, kannab Joule-Lenzi seaduse nimetust.

Küsimusi.

1. Milles seisab Joule-Lenzi seadus?
2. Kirjutage Joule-Lenzi seaduse valem!
3. Mida tähendab koefitsient 0,24, mis kuulub sellesse valemisse?

55. Laboratoorne töö nr. 4. Töö eesmärk. Määrata kindlaks elektrikeetja soojuslik kasutegur.

Riistad ja abinõud: vooluallikas — linna vool; elekterkeetja, ampermeeter; voltmeeter; lüüti; juhtmed; kell; kaalud väiksemate vihtidega; kalorimeeter; termomeeter.

Soojendaja soojuslikuks kasuteguriks nimetatakse vee soojendamiseks kulutatud soojusehulga suhet äratarvitatud elektrienergia poolt eraldatud soojuse hulgaga:

$$\eta = \frac{Q_1}{0,24 I U t}$$

kus η on keetja soojuslik kasutegur.

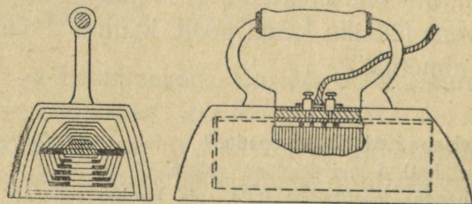
Vett soojendame temperatuurist T kuni keemiseni (100°).

Voolu tugevus I	Pinge U	Voolu läbilask- mise aeg t	t sekundi jook- sul eraldunud soojus $Q = 0,24 I U t$	Vee hulk m	Vee algtempe- ratuur $T^\circ C$	Vee poolt saa- dud soojuse hulk $Q_1 = m(100 - T)$ gramm-kal.

$$\eta = \frac{m(100 - T)}{0,24 I U t}$$

56. **Soojendusriistad.** Juhi soojenemist voolu abil kasuta-
takse mitmesugusteks tehnilisteks otstarveteks.

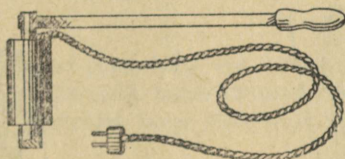
On olemas terve rida soojendusriistu, mis töötavad juhi soojenemise tõttu voolu abil, alates keetjast klaasi vee jaoks ja lõpetades elektripliitidega toiduvalmistamiseks. Sel-
liste riistade olulisemaks osaks on suure takistusega traat, mis on asetatud riista sisemusse (joon. 60).



Joon. 60. Elektritriikraud.

Soojenedes voolust, soojendab see traat kas riista ennast või tema sisu. Võimalus voolu tugevuse muutmisega täpselt reguleerida riistadesse tuulevat soojuste hulka lubab valmistada isegi inkubaatoreid lindude väljahaudumiseks. Joonisel 61 on kujutatud elektrijootekolb, mida soojendatakse vooluga, mis läbib jootetõlvikus olevat traatpooli.

Mäetööstuses ja sõjaasjanduses kasutatakse voolu soojuslikku toimet miinide lõhkemapanemiseks. Miini süttik koosneb kahest paljast traadist, mis on ühendatud peenikesest traadikesega. Soojenedes voolust, süütab peenike traadike süütleangu. Selline miinide lõhkemapanemise viis annab võimaluse teostada lõhkemist vajalikul momendil ja seejuures, kui tarvis, üheaegselt mitut lõhkemist paljudes kohtades korraga.



Joon. 61. Elektrijootekolb.

57. Hõõglamp. Voolust hõõguma pandud juhtide helendamine on ära kasutatud elektrihõõglampides.

Ohutühi lamp koosneb peenikesest «niidist» — traadikesest, mis on valmistatud väga raskesti sulavast metallist: volframist, osmiumist, tantaalist või nende sulameist. Nende metallide kõrge sulamispunkt võimaldab viia hõõgumistemperatuuri üle 2000° , mis soodustab lambi suurt helen-dust.

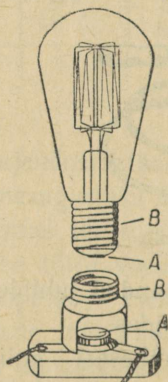
Lambi pikk niit (joon. 62) on riputatud üksteisest isoleeritud metallkonksudestega varustatud spetsiaalsesse varna. Vetruvad traadikesed, pingutades niiti, ei lase teda hõõgumise ajal, millal niidi pikkus on suurenenud, konksudelt vabaneda.

Ohus põleks hõõgniit läbi momentaanselt. Et seda ei juhtuks, asetatakse niit klaaspirni, millest õhk hoolikalt välja pumbatakse.

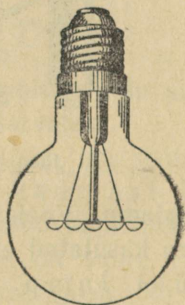
Elektrilambi niidi otsad on joodetud kahe traadi külge, mille välised otsad on joodetud lambi metallosa külge.

Üks traat on joodetud metallosa A, teine — keermega B külge.

Lambi lülitamiseks võrku kruvitakse ta spetsiaalsesse pesa. Pesa sisemine osa (joon. 61) koosneb portselankehast, millele on kinnitatud kaks metallosa: metalne sambake A, mis puudutab lambi metallosa, kui see on keeratud pesa, ja keer-



Joon. 62 ja 63. Elektrilamp ja lambipesa.



Joon. 64. Gaastäidisega lamp.

mega varustatud plekk, mis sobib lambi keermega. Mõlemad osad omavad klemmi, mille külge kinnitatakse võrgu juhtmed.

Teist liiki lambid, mida kasutatakse käesoleval ajal, on gaastäidisega lambid (joon. 64). Neis lampides on volframniit, mis soojuse kiirgamise vähendamise otstarbel on

keeratud väikeseks spiraaliks, asetatud klaaspirni, mis on täidetud põlemist mittesoodustava gaasiga — lämmastikuga või argooniga. Gaasi olemasolu pirnis takistab hõõgniidi lendumist ja lubab hõõgniidi temperatuuri tõsta kuni 2900°-ni.

Iga lambi metallosal või klaasil on rida arve, mis näitavad, millise pinge jaoks on arvestatud antud lamp ja millist võimsust ta seejuures tarvitab.

Esimese hõõglambi leiutas 1873. a. vene teadlane L o - d õ g i n.

Edison, kes lahendas praktiliselt valgustusküsimuse elektrilampide abil, kasutas hõõgniidina süsiniiti, aga et see niit hõõgudes läbi ei põleks, pumbati õhk pirnist hoolikalt välja. Edisoni süsiniidiga lamp on väga vastupidav, kuid tarvitades palju voolu, annab võrdlemisi vähe valgust.

Küsimusi.

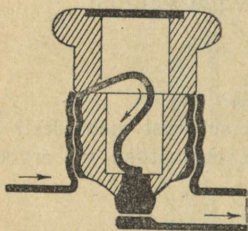
1. Miks elektrilampidest pumbatakse õhk välja?
2. Miks kasutatakse lampides traate raskesti sulavaist metallidest?
3. Miks gaasiga täidetavaid lampe täidetakse lämmastiku või argooniga?

57-a. **Sulavkaitsmed.** Elektrivõrgu juhtmed on arvestatud vastavalt suurimale voolule, mis neid peab läbima.

Kuni juhtmeid läbiv vool ei ületa antud juhtme suurimat lubatud koormust, soojeneb juhe vähe. Kuna soojuste hulk, mida vool eraldab juhtmes, on võrdeline voolu tugevuse ruuduga, siis juhtme igasugune ülekoormatus vooluga kutsub esile tunduva soojenemise. Suure tugevusega voolu juures võib ka jääme juhe niivõrd soojeneda, et isolatsioon hakkab põlema ja kogu võrk läheb rikki, või mis veel halvem, põlev isolatsioon kutsub esile tulekahju. Isolatsiooni riknemise korral võib vool suureneda kümneid tuhandeid kordi, mis võib rikkuda kogu liini. Et vältida liini soovimatuid ülekoormatusi ja sellega seoses olevaid katastroofe, asetatakse igasse üksi-

kusse liini spetsiaalsed kaitsmed; mille ülesandeks on — lülida liin automaatselt välja, kui selles vool tugevneb üle lubatud määra.

Liini iga juhe on katkestatud ja katkestamise kohta on asetatud kaitsmepesa. Kaitsmepesa koosneb portselantoosist ja selles, nagu harilikus pesaski, on metalne keermetis ja varb, millele on juurde toodud katkestatud juhtme otsad. Sellesse pessa asetatakse portselanist kehake — kork, mille sisse paigutatakse seatinast traat (joon. 65); traadi üks ots on kinnitatud metallvarva külge korgi põhjas, teine ots aga metallkeermetisele, mille abil kork keeratakse pessa. Juhtme vool läbib ka seatinatraadi. Niipea kui vool ületab lubatud normi,



Joon. 65.



Joon. 66.

sulab seatinatraat ja juhe, mille otsi ta ühendas, on katkestatud. Vool katkeb. On vaja leida põhjus, mis kutsus esile korgi läbipõlemise, kõrvaldada see põhjus ja asetada kohale uus kork. Võrk töötab taas korralikult.

Kaitsmeid on kuult mitmesuguseid, kuid igasuguste kaitsmete peamiseks osaks on juhe, millel on märksa väiksem ristlõige kui liini juhtmetel. Liini iga ülekoormatuse korral sulab eelkõige kaitsme peenike juhe, mis lülleb automaatselt välja liini korrast ära oleva juhtme.

58. **Voltakaar.** Eriti heleda valguse annab voltakaar.

Vene õpetlane Petrov lõi 1802. a. kõrgepingega ahelasse kaks sõkest. Sõekeste vahel tekkis silmipimestav leek (joon. 66).

Voltakaare tekkimist seletatakse järgmiselt.

Süte takistus on eriti suur kohas, kus nad puutuvad teineteisega kokku vähestes punktides. Süte kokkupuute kohas — Joule-Lenzi seaduse põhjal — tekib vastava voolu juures määratu hulk soojust.

Ohk, mis on süte vahel, kuumeneb ja muutub kuumenenud olekus ise juhiks. Süte eemaldamisel väikesele kaugusele läheb vool läbi õhu. Süte hõõguvad otsad annavad pimestavat valgust ja temperatuuri kuni 4000°C . Selle temperatuuri juures muutuvad peaaegu kõik ained auruks. Sedamööda, kuidas sõed põlevad, suureneb nende vaheline kaugus ja et hoida alal parajat kaugust, tuleb seda reguleerida käsitsi või automaatsete regulaatorite abil.

Voltakaart kasutatakse valgustuseks projektsiooniaparatuurides, filmimisel, tule tornides ja prožektorites.

Küsimusi.

1. Kuidas tekib voltakaar?
2. Miks voltakaare puhul on vooluringis vool, kuigi sõed ei puuduta teineteist?

59. Elekterkeevitamine. Soojuse abil, mida annab vool, võib keevitada metalle. Selleks juhitakse keevitatavasse metallitükkidesse tugev vool. Keevitatavate tükkide ühinemise kohas on vooluringi suurim takistus halva kontakti tõttu; vastava voolutugevuse juures tekib siin selline soojusehulk, mis sulatades metallid, keevitab kaks tükki kokku.

Küsimusi.

1. Miks keevitamise juures tekib suur soojusehulk just keevitatavate metallide ühinemise kohas, mitte aga teistes kohtades?
2. Miks juhtmete ühendamisel neid mitte ainult ei keerata kokku, vaid ka joodetakse?

Ülesandeid V peatüki juurde.

1. Kaks traati — nikeliin- ja vasktraat — ühesuguse ristlõike ja pikkusega on järjestikku lülitatud ühte ja samasse ahelasse. Milline neist soojeneb tugevamini? Mispärast?
2. Kaks traati — nikeliintraat pikkusega 1 m ja ristlõikega 2 mm^2 ja raudtraat pikkusega 2 m ja ristlõikega $0,5 \text{ mm}^2$ — on lülitatud järjestikku ühte ja samasse ahelasse. Millises traadis tekib rohkem soojust?
3. Miks elektri ahju või -triikraua mähised, vaatamata soojuse katkestamatule tekkimisele ei põle läbi?
4. Soojendusriist, mis koosneb nikeliinspiraalist, on pandud veega täidetud anumasse. Millise maksimaalse temperatuurini võib soojeneda spiraal? Miks?
5. Kui soojendusriist võtta veest välja, ilma et ta oleks varem vooluahelast välja lülitatud, siis põleb ta kiiresti läbi. Miks?
6. Kuidas seletada, et voolu läbimineku juhtumest ja elektrilambi niidist viimane kuumeneb hõõgumiseni, kuna juhtmed peaaegu ei soojene, kuigi voolu tugevus juhtmes ja lambi niidis on ühesugune?
7. Mispärast tarvitatakse vooluringi kaitsmena traate kergesti sulavaist metallidest?
8. Kui palju soojust eraldub elektersoojendajas kahe minuti jooksul, kui soojendaja takistus on 20 oomi ja sellest läbimineva voolu tugevus on 6 amprit?
9. Kui palju soojust eraldab elektriahi, mis on lülitatud 110-voldise pingega võrku, ühe minuti jooksul, kui ahju takistus on 30 oomi?
10. Milline soojusehulk tekib ühe minuti jooksul meetripikkuses nikeliintraadis, mille ristlõikepind on $0,45 \text{ mm}^2$, kui traati läbib 4-amprine vool?
11. 40-oomise takistusega elektersoojendaja lülitakse algul 120-voldise pingega võrku, siis 240-voldise pingega võrku. Millises võrgus ja mitu korda rohkem soojust tekib soojendajas?
12. Kui pika ajaga võib 1 l vett soojendada 20° -st kuni keemiseni, kui vette lasta 10-oomise takistusega juhe, mille otste pinged on 110 volti?
13. Määrata elektrikeetja traadi takistus, kui see keetja, lülitatud 110-voldise pingega võrku, ajab 1 minuti jooksul keema klaasi vett (200 g), mille temperatuur on 20° ?
15. Kui suur soojusehulk eraldub elektrilambi niidis ühe tunni jooksul, on 24 oomi ja mida toidetakse 5-amprise vooluga?
15. Kui suur soojusehulk eraldub elektrilambi niidis ühe tunni jooksul, kui lamp 110-voldise pingega juures tarvitab 1-amprist voolu?

16. Petrooleuminõusse on pandud nikeliinspiraal. Mitme kraadi võrra soojeneb liiter petrooleumi 10 minuti jooksul, kui spiraalist lasta läbi 2-voldise pinge juures 2-amprise tugevusega vool? (Petrooleumi erisoojus — 0,5.)

17. Millise tugevusega vool läbib elektriteekannu mähist, kui teekannus äetakse 2 l 20°-st vett keema 10 minuti jooksul? Võrgu pinge — 120 volti.

18. Kaks 60-voldist lampi, esimene takistusega 400 oomi, teine — 100 oomi, lülitakse vaheldumisi võrdseks ajaks 60-voldise pingega võrku. Millises lambis eraldub rohkem soojust?

19. Arvutada 2 mm² ristlõikega nikeliintraadi pikkus, mis on vajalik soojendusriista valmistamiseks, millega võiks 1 l vett soojendada 20°-st kuni keemiseni 5 minuti jooksul. Voolu pinge on 120 volti. Soojuse kadu mitte arvestada.

20. Elektrirongi vaguni kütmiseks peab vool andma tunnis 2000 suurt kalorit. Võrgu pinge on 200 volti. Milline voolutugevus läheb kütmiseks? Millega võrdub soojendusriista takistus?

21. Arvutada teekannu kasutegur, kui on teada, et 5-amprise voolutugevuse ja 100-voldise pinge juures võib selles 8 minuti jooksul ajada keema 600 g vett algtemperatuuriga 12°.

VI peatükk.

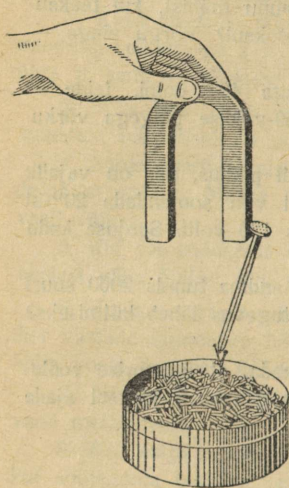
Elektromagnetiline väli.

60. **Magnetilisi põhinähtusi.** Juba vanast ajast oli teada, et mõned rauamaagid omavad võimet tõmmata külge rauda. Sellist maaki nimetati magnetikiviks ehk magnetiks, sest selle maagi suured lademed asetsesid Väike-Aasias Magneesia linna läheduses.

Puudutades raudnaelaga magnetit, me märkame, et nael muutub magneti juuresolekul ise magnetiks (joon. 67). Ta tõmbab külge väikesi raudnaelakesi, milledest võib saada üsna pika ketikese. Niipea kui magnet rauast eemaldada, kaotab raud magnetilise jõu.

Täpselt samuti magnetiseeritakse magnetiga terast, kuid

magneti eemaldamisel jääb karastatud teras magnetiseerituks, seepärast võib karastatud terasest valmistada alalisi magneteid.



Joon. 67.

Asetame magneti laual laialipuis-
tatud rauapurule; tõstnud magneti
laualt, märkame, et rauapuru on jää-
nud tihedamini magneti otste külge.
Mida lähemale keskkohale, seda nõr-
gem on magneti külgetõmbejõud
(joon. 68).

Magneti need kohad, kus ilmne-
vad magneti suuremad mõjud, nime-
tatakse poolusteks.

Sirget, mis ühendab pooluseid,
nimetatakse magneti teljeks.

Raua külgetõmbamine magneti
poolt ilmneb ka neil juhtudel, kui
magneti ja raua vahel on õhukesed
klaas-, kartong- ja puuplaadikesed.

Kui magneti poolus asetada karpi,
kus asub raua- ja vasepuru, siis mag-
net tõmbab külge ainult rauapuru. Tähendab, magnet ei tõmba
külge iga metalli.

Tähelepanavamaid magnetilisi omadusi evivad teras ja
raud, mida ka tehnikas kasutatakse magnetiliste materjali-
dena.

Et magnetiseerida teras-sukavarrast või -sulge on küllalt,
kui neid mööda libistada mõned korrad magneti poolust. Suuri
terasetikke magnetiseeritakse elektrivoolu abil.

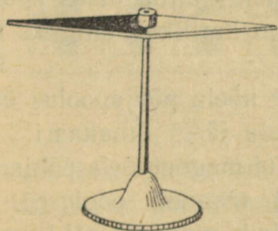


Joon. 68. Magneti poolused.

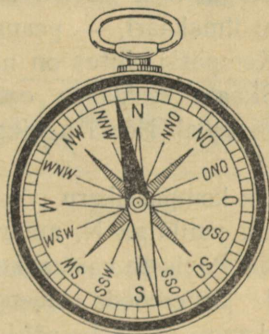
Küsimusi.

1. Mida nimetatakse magneti poolusteks?
2. Kuidas magnetiseerida väikest teras-eset?
3. Töökoja põrandal segunesid raua- ja valgevasepuru. Kuidas neid teineteisest eraldada?

61. **Magnetnõel.** Magnetiseerime terasnõela ja paigutame selle mingi aluse teravikule (joon. 69). Magnetiseeritud nõel pöörleb alusel ja võtab siis asendi nii, et üks poolus näitab ligikaudselt põhja poole, teine lõunasse. Märgime ära põhja poole pööratud pooluse pealekleebitud paberiga ja pöörame



Joon. 69. Magnetnõel.



Joon. 70. Kompass.

nõela nii, et see poolus oleks pööratud lõunasse. Kuidas me ka püüaksime muuta nõela asendit, pöörab ta end lõppude lõpuks ikkagi nii, et märgitud poolus on pöördud põhja poole, aga teine — lõunasse.

Nimetame edaspidi poolust, mis on pööratud põhja poole, magnetiliseks põhjapooluseks ja märgime ta ära tähega *N* (algustäht sõnast Nord, mis tähendab «põhi»). Lõunasse pööratud pooluse tähistame tähega *S* (algustäht sõnast Süd, mis tähendab «lõuna»).

Siht, millele jääb peatuma liikuva magnetnõela telg, nimetatakse magnetiliseks meridiaaniks.

Vertikaalset tasapinda, mis läheb läbi magnetilise meridiaani, nimetatakse magnetilise meridiaani tasapinnaks.

62. Kompas. Vabalt ülesriputatud magnetnõela omadus asetuda kindlas sihis oli hiinlastele teada 4000 aastat tagasi, ja selliseid nõelu kasutasid nad pikkadel reisidel suuna määramiseks. Hiinlaste kaudu nähtavasti tutvusid magnetnõelaga ka teised rahvad.

Magnetnõel on kompassi — riista, mille abil määratakse ilmakaari, — peamine osa.

Kompassi ehitus on näha joonisel 70.

Skaala keskk kohta on asetatud telg, mille otsas pöörleb magnetnõel. Nõela põhjapoolne ots on harilikult siniseks värvitud.

On kompassikarp pööratud nii, et nõela põhjapoolus ühtib skaala punktiga N, määratakse skaala järgi ilmakaari.

63. Pooluste vastastikune mõju. Kui magnetnõela põhjapoolusele järgemööda lähendada mingi magneti poolused, siis märkame, et nõela põhjapoolus tõukub magneti põhjapoolusest eemale ja tõmbub lõunapooluse poole. Nõela lõunapoolus tõukub eemale magneti lõunapoolusest ja tõmbub põhjapooluse poole. Selle nähtuse alusel võib teha järelduse: isenimelised magnetipoolused tõmbuvad ligi, ühenimelised tõukuvad eemale.

Küsimusi.

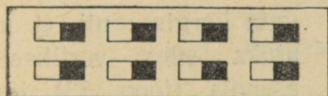
1. Kuidas mõjuvad teineteisele magneti poolused?
2. Kas näitab kompassinõel põhjast lõunasse, kui nõelale lähendada magnet?
Kas muutub kompassinõela suund, kui nõelale lähendada rauatükk?
3. Mõningates maakohdades, eriti mäeahelike läheduses, mis sisalduvad rohkesti rauda, kaldub nõel meridiaanist tugevasti kõrvale.

Uks selliseid tugevamaid kõrvalekaldumisi on märgatav meie Liidus Kurski läheduses (Kurski anomaalia). Millele osutab Kurski anomaalia?

64. **Magneti ehitus.** Sukavarda magnetiseerimisel tekkisid varda otstes erinevad poolused. Proovime, kas pole võimalik magnetit saada ühe poolusega?

Magneedime vineerisae tera ja proovime pärast magnetiseerimist sae mõlemaid otsi. Selgub, et magnetiseeritud sae otstes kujunesid mõlemad poolused. Asetades sae rauapurusse, märkame, et poolused on tõmmanud rauapuru külge eriti palju, kuna keskel külgetõmbunud puru ei olegi.

Murrame sae pooleks. Kas ei lähe korda sel juhul eraldada ühte poolust teisest?



Joon. 71.



Joon. 72.

Proovinud järele sae tükid, märkame, et meil pole ka sel kombel läinud korda eraldada ühte poolust teisest.

Kumbki tükk kujutab enesest tervet magnetit, mille ühes otsas on põhja-, teises aga lõunapoolus.

Kumbagi tükki võib veel kord katki murda ja taas saame ühe asemel kaks tervet magnetit, millel on mõlemad poolused.

See annab põhjust oletada, et magneti molekulid kujutavad enesest nagu väga väikesi magnetikesi, mis on asetatud nii, et nende ühenimelised poolused on suunatud ühtepidi (joon. 71).

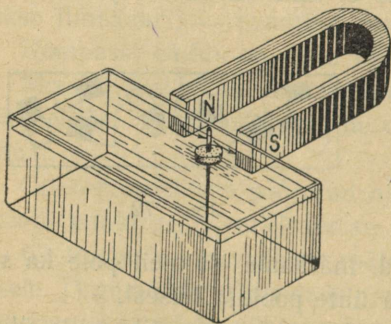
Kui magnetikeste asend muutub ja nad asetuvad üksteise suhtes korratult, siis keha tervikuna osutub mittemagnetiseerituks (joon. 72).

Kuumutame teras-sukavarda tulipunaseks ja laseme jaituda. Pärast jahtumist osutub sukavarras mittemagnetiseerituks. Soojendamiseks oli küllalt, et rikkuda molekulaarsete magnetikeste asendit. Täpselt samuti kaotavad magnetid magnetivõime rappumisel ja löökide all, sest rappumisel on molekulidel kergem oma asendit muuta.

Küsimusi.

1. Kas on võimalik saada ühe poolusega magnetit?
2. Milline ehitus on magnetil?
3. Mispärast soojenemisel ja põrumisel magnet kaotab magnetivõime?

65. **Magnetiline väli.** Magnetiseerime õmblusnõela, ja torganud selle läbi väikese korgi,



paneme ta ujuma veeanumasse. Nõel on vaja torgata korgisse nii, et nõel ujuks vees vertikaalses asendis (joon. 73) ja et tema põhjapoolus oleks ülalpool.

Joon. 73. Magneti pooluse liikumine magnetilises väljas.

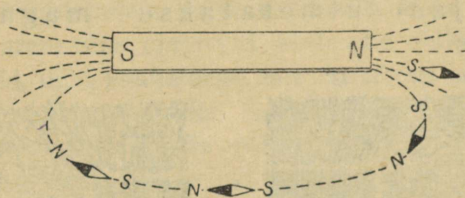
Lähendades nõela põhjapoolusele hobuserauakujulise magneti põhjapooluse, märkame, et nõela põhjapoolus hakkab kõverjoont mööda liikuma hobuserauakujulise magneti põhjapooluse poolt lõunapooluse poole.

Joont, mida mööda liigub magnetipoolus, nimetatakse jõujooneks.

Asetades nõela hobuserauakujulise magneti lähedusse mitteselle kohta, näeme, et magneti pooluste läheduses on nõela igal asendil oma eri jõujoon. Teiste sõnadega öeldes, poolustelähedases ruumis võib tõmmata väga palju jõujooni.

Magnetit ümbritsevat ruumi, kus ilmnevad magneti jõujooned, nimetatakse magnetiliseks väljaks.

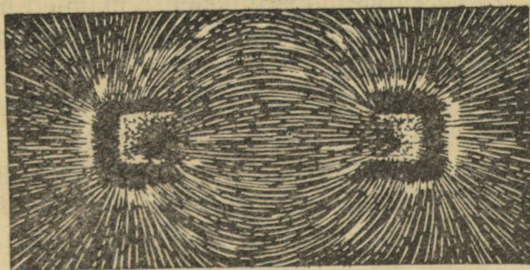
On leitud kokku võtta jõujoonte suunaks see suund, mida mööda magnetilises väljas liigub magneti põhjapoolus. Tähen-
dab, jõujooned väljuvad põhjapoolusest ja suunduvad lõuna-
poolusesse.



Joon. 74. Magnetnõela asend magnetväljas.

Magnetnõel, mis on paigutatud magnetilise välja teatud kohta, jääb antud kohas seisma jõujoone puutuja suunas.

Asetades magnetilise välja mitmesugustesse kohtadesse väikesi magnetnõelakesi (joon. 74), me võiksime jälgida jõu-

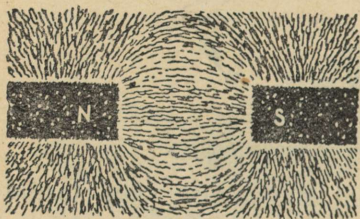


Joon. 75. Magnetiline spekter.

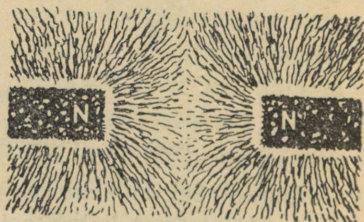
joonte suunda. Toimime teisiti: asetame lauale magneti ja paneme selle peale kartongilehe. Riputanud kartongile ühtlase

kihina veidi rauapuru ja raputanud kartongi, näeme, et puru on asetunud omapäraste joontena, mis suunduvad ühest poolusest teise (joon. 75).

Magneti läheduses olles muutus rauapuru ise väikesteks magnetiteks. Raputades kartongi, anname rauapurule võimuse vabaneda hõõrdumisest vastu kartongi ja ta osakestel võtta seda asendit, mida nad magneti mõju all võtma pidid. Rauapurust moodustunud pilti magnetilises väljas nimetatakse magnetiliseks spektriiks.



Joon. 76. Magnetiline spekter isenimeliste pooluste vahel.



Joon. 77. Magnetiline spekter ühenimeliste pooluste vahel.

Joonisel 75 on kujutatud sirgjoonelise magneti magnetiline spekter. Joonisel 76 on kujutatud magnetiline spekter kahe isenimelise pooluse vahel.

Jõujooned *N* ja *S* vahel nagu püüaksid lüheneda, mis on võimalik ainult sel juhul, kui magnetid üksteisele lähenevad. Joonisel 77 on kujutatud magnetiline spekter kahe ühenimelise pooluse vahel. Jõujooned nagu suruksid üksteisele peale. Me teame, et antud juhul magnetid tõukavad teineteist eemale.



Joon. 78.

Küsimusi.

1. Mida nimetatakse magneti jõujooneks?
2. Mida nimetatakse magnetiliseks väljaks?
3. Magnetite jõujoonte suund on näidatud noolega (joon.78). Määrake kindlaks poolused.

66. **Maa magnetiline väli.** Katsed magnetnõelaga, mis asetub kindlas sihis, ja kompassi kasutamine reisidel on selle tõenduseks, et meie asume magnetilises väljas, mis ümbritseb Maad. Kuna magnetnõela kasutati reisidel, mida kaubanduse tekkimise ja arenemise ajajärgul võeti ette selleks, et avastada uusi maid, uusi kaubaturge, siis on täiesti arusaadav, et magnetnõela usaldusväärseks kasutamiseks oli vaja uurida selle nõela omadusi ja õppida valmistama häid magnetnõelu.

Üks esimesi magnetiliste nähtuste uurijaid oli meremees ja kompassimeister Norton.

Vaadeldes magnetnõela asetust, me ütleme, et nõela põhjapool ots näitab põhjasuunas. See pole täiesti õige. Magnetilise meridiaani siht ei ühti geograafilise meridiaani sihiga. Nurka geograafilise ja magnetilise meridiaani vahel nimetatakse käände- ehk deklinatsiooninurgaks.

Kolumbus märkas, et käändenurgal on erinevates kohtades eri suurused. Tähendab, magnetilised poolused ei ühti geograafiliste poolustega. Peale selle on pandud tähele, et isegi ühes ja samas kohas ei jää käändenurk samaks, vaid muutub aeglaselt aastast aastasse.

Kui Maa magnetilise välja uurimiseks kasutada magnetnõela, mis võib pöörelda mitte üksnes vertikaaltelje, vaid ka horisontaaltelje ümber, siis näeme, et nõel moodustab nurga horisontaaltasapinnaga. Nurka nõela telje ja horisontaaltasapinna vahel nimetatakse kaldenurgaks. See nurk on keskmistes laitudes võrdne 70° -ga, kui nõel pöörleb magnetilise meridiaani tasapinnas (joon. 79).

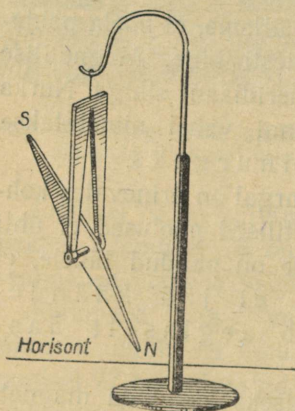
Maa magnetilistel poolustel on kaldenurk 90° , magnetilisel ekvaatoril aga on kaldenurk võrdne 0° .

Magnetnõel, mis võib vabalt pöörelda igas suunas, asetub jõujoonte sihis. Teades, kuidas asetused magnetnõelad, võime määrata kindlaks Maa magnetilise välja jõujoonte sihte.

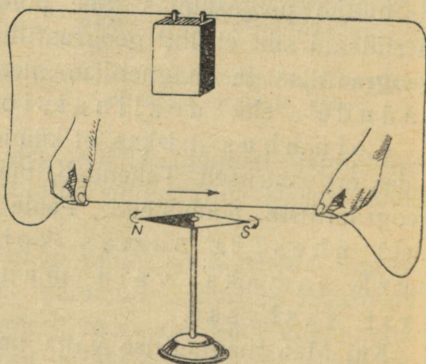
Asetsedes magnetilises väljas, mis on tekitatud mingi lähedal asetseva magneti poolt, magnetiseerub iga rauatükk.

Täpselt samuti magnetiseeruvad raudkepp, rõõpad ja laeva teraskorpus, mis asetsevad Maa magnetilise välja jõujoonte sihis.

Laeva korpuse raud- ja terasosade lähedalolek ja nende magnetiseerumine mõjutavad muidugi kompassinõela õiget näitamist, kui laev muudab oma asendit Maa magnetilise välja jõujoonte suhtes.



Joon. 79.



Joon. 80. Voolu magnetiline väli.

Et vältida seda mõju, asetatakse laevakompassile täiendavaid magneteid ja koostatakse laeva mitmesuguste asendite puhuks kompassinõela näitajate jaoks paranduste tabel.

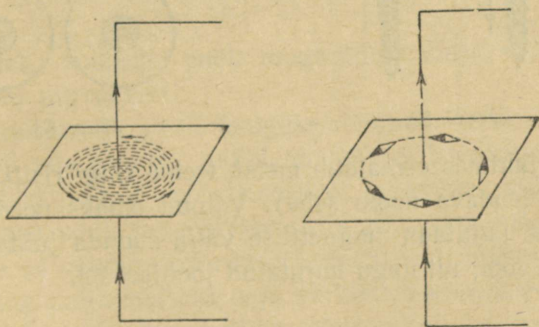
Küsimusi.

1. Milline magnetiline poolus asetseb Maa põhja-poolkeral?
2. Mida nimetatakse magnetnõela käändenurgaks, mida kaldenurgaks?
3. Raudrööbas asetati maa peale suunaga põhjast lõunasse. Miks magnetiseerub selline rööbas iseenesest?

67. Voolu magnetiline väli. Esialgsel tutvumisel elektrivooluga nägime, et voolu läbiminekuiga juhtmest kaasnevad magnetilised nähtused. Asetame juhtme kohale paralleelselt magnetnõela ja laseme juhtmest voolu läbi (joon. 80). Me näeme, et magnetnõel kaldub endisest asendist kõrvale. Niipea kui vool katkeb, võtab magnetnõel esialgse asendi.

Kuna magnetnõel kaldub kõrvale voolu tõttu, siis nähtavasti tekib voolu läbiminekul juhtmest juhtme ümber magnetiline väli.

Uurime magnetilist välja. Lastes voolu läbi jämeda traadi, mis on torgatud läbi kartongi ja millele on puistatud rauapuru (joon. 81), näeme, et puru asetub juhtme ümber ringidena. Kui asetada juhtme lähedusse mitu magnetnõela, siis pööravad end kõik magnetnõelad ja asetuvad ringide puutujate suunas (joon. 81). Kui muuta juhtmes voolu suunda, siis pööravad end kõik magnetnõelad ümber ja võtavad vastasuunalise asendi.



Joon. 81. Sirgjoonelise voolu magnetiline väli.

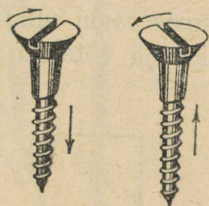
Sirgjoonelise voolu magnetilise välja jõujooned on kontsentrilised ringjooned, mis asetsevad voolu suunaga ristisval tasapinnal.

Et määrata kindlaks magneti jõujoonte suunda, kasutatakse «kruvi reeglit».

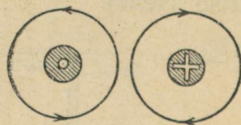
Jõujooned on suunatud nii, nagu liigub kruvipea, kui vool on suunatud nii, nagu liigub kruvi ise (joon. 82).

See reegel jääb kergesti meelde. Et keerata kruvi puusse, tuleb seda pöörata kellaosuti liikumise suunas. Vool, mis eemaldub meist, annab magnetilise välja, milles magneti põhjapoolus liigub kellaosuti suunas.

Ütleme, et voolukandva juhtme ristlõige on ringikujuline. Kui selle ringi keskele teeme punkti, siis tähendab see, et vool tuleb meie suunas (nagu näeksime lendava noole teravikku).



Joon. 82.



Joon. 83.

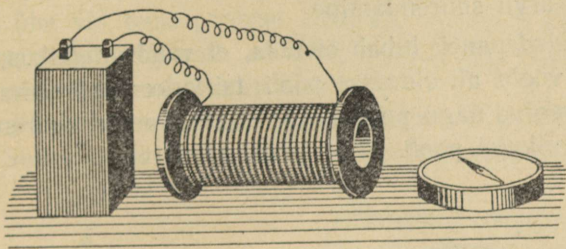
Kui vool juhtmes eemaldub meist, teeme ringi ristikese (nagu näeksime lendava noole saba). Võtnud omaks need tingimused, võime kujutada magnetilise välja suunda juhtme ümber, milles on vool, nii nagu kujutatud joonisel 83.

Küsimusi.

1. Mida kujutavad endast sirgjoonelise voolu magnetilised jõujooned?
2. Milles seisab kruvi reegel?

68. **Magnetismi elektriline olemus.** Kui mähkida pliitsile mitu keerdu kellatraati, siis saame spiraali, mis voolu läbi lastes ilmutab magnetilisi omadusi. Eriti tugevasti ilmnevad magnetilised omadused elektrivooluga poolis, kui sellesse paigutada raudsüdamik.

Uurime järele, millistest põhjustest sõltuvad elektrivooluga pooli magnetilised omadused. Eemaldanud vooluga pooli magnetnõelast sellisele kaugusele, kus ta mõju magnetnõelale pole märgatav, suurendame voolu tugevust. Seejuures märkame, et pool mõjutab magnetnõela (joon. 84).



Joon. 84. Pooli magnetiliste omaduste järeleproovimine.

Tähendab, vooluga pooli magnetiline mõju sõltub pooli läbiva voolu tugevusest.

Jättes muutmata pooli kauguse magnetnõelast, asendame antud pooli uue pooliga, millel on rohkem keerdusid, ja suurendades järk-järgult voolu tugevust, määrame, millise voolu puhul ilmneb pooli magnetilise välja märgatav mõju.

Selgub, et suurema keerdude arvuga pooli juures on nõela märgatavaks mõjutamiseks vaja väiksemat voolutugevust.

Tähendab, pooli magnetiline mõju sõltub ka pooli läbiva voolu tugevusest ja pooli keerdude arvust.

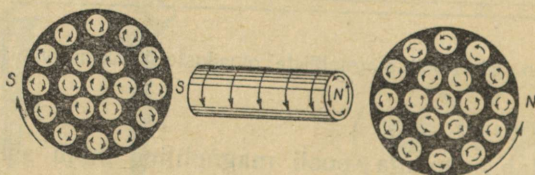
Pooli magnetiline mõju on võrdeline amper-keerdude arvuga, s. o. voolutugevuse (ampreis) ja keerdude arvu korrutisega.

5-amprine vool, mis läbib 20 keeruga pooli, avaldab sama sugust mõju nagu 1-amprine vool, mis läbib 100 keeruga pooli.

Kui poolisse asetada raudsüdamik, siis tema magnetiline mõju suureneb tunduvalt.

Raudsüdamiku viimine pooli mõjub samuti nagu ampei keerdude arvu suurendamine.

See tähelepanek lubab oletada, et raudsüdamikus, mis on asetatud voolu all olevasse pooli, tsirkuleerivad samasuunalised ringvoolud nagu pooliski. Need ringvoolud suurendavadki raudsüdamikuga pooli amper-keerdude arvu.



Joon. 85. Molekulaarsed ringvoolud magnetis.

1820. a. prantsuse füüsik A m p è r e oletas, et keha magnetilised omadused kutsutakse esile elektri ringvooludega, mis ümbritsevad keha osakesi. Kuni raud pole asetatud magnetilisse välja, omavad kõik need molekulaarsed ringvoolud kõige mitmekesisemaid suundi. Niipea kui raud asetatakse magnetilisse välja, võtavad molekulaarsed voolud kindla suuna, mis-

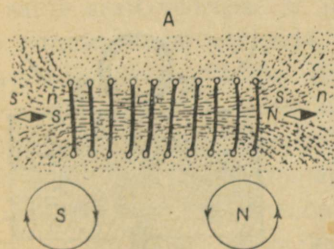
tõttu raud muutub magnetiks ja tema magnetiline väli liitub voolu magnetilise väljaga (joon. 85).

Rauatükk, mis on asetatud magnetilisse välja, muutub magnetiks, kuid ainult seni, kui raud asetseb magnetilises väljas. Kui raud magnetilisest väljast eemaldatakse, siis tema molekulaarsete voolude asendid muutuvad uuesti kaootiliseks, ja ainult tähtsusetu osa molekulaarsetest vooludest säilitab magnetilises väljas saadud suuna.

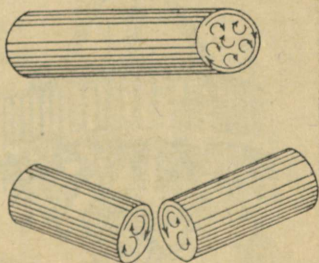
Järelikult rauas ilmneb j ä ä k m a g n e t i s m. Samu nähtusi täheldatakse ka terase magnetiseerimisel, kuid ainult selle vahega, et terase **jääkmagnetism on püsivam kui raua oma**.

Olenedes molekulaarsete voolude suundadest, saame magneti otsas ühe või teise pooluse. Magneti see koht, kust jõujooned magnetist väljuvad, on põhjapoolus. See koht, kuhu jõujooned sisenevad — lõunapoolus.

Voolu all oleva pooli magnetiline spekter on kujutatud joonisel 86. Selles spektris on näha, et jõujooned jätkuvad ka



Joon. 86.



Joon. 87. Molekulaarsete voolude suund murde kohas.

pooli sees. See katse seletab ka seda asjaolu, et magnetit katki murdes saame murde kohas alati kaks poolust.

Ringvoolud, mis kulgevad ühes suunas kogu magnetis, omavad murde mitmesugustes tükides sellist suunda

(joon. 87), et ühe magnetitüki jõujooned väljuvad murde kohast ja sisenevad teise tükki.

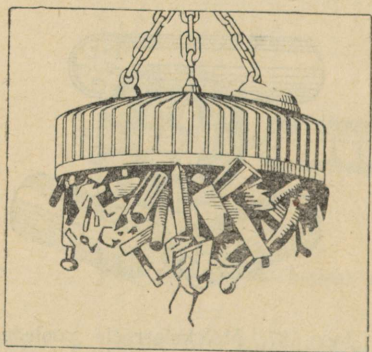
Käesoleval ajal teatakse, et molekulaarsed ringvoolud pole midagi muud kui elektronide liikumine molekulis.

Küsimusi.

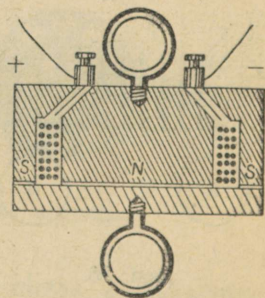
1. Milline on magnetismi olemus?
2. Milline vahe on raua ja terase magnetiseerimisel vooluga?

69. Elektromagnet. Olenevalt läbiva voolu tugevusest, keerdude arvust ja magneti kujust, võib valmistada väga tugevaid elektromagneteid, mis on võimelised kandma oma kaalust tunduvalt suuremat koormust (joon. 88).

Elektromagneti lihtsaim kuju on raudsüdamik, mis on asetatud isoleeritud traadist pooli (joon. 89). Kui pooli läbib vool, ilmutab südamik magnetilisi omadusi. Niipea kui vool katkeb, kaotab südamik magnetilised omadused peaaegu täiesti.



Joon. 88. Elektromagnet tõstekraanal.



Joon. 89. Elektromagneti ehituse skeem.

Joonisel 88 on kujutatud elektromagnet tõstekraanal. Viies sellise kraana raudesemete juurde, lülitakse vool sisse; see-

juures elektromagneti raudsüdamik magnetiseerub ja tõmbab külge raudesemeid. Ülestõstetud esemed viiakse teise kohta ja vool lülitakse välja. Elektromagnet kaotab magnetilisuse, raud jääb kohale, aga kraana suunatakse uue koorma järele.

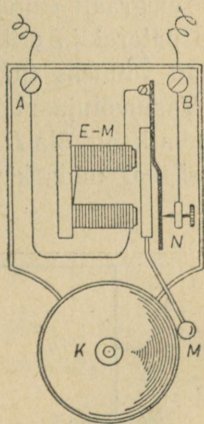
Suuremat mõju avaldavad habuserauakujulised magnetid, seepärast kasutatakse neid ka mitmesuguste riistade valmistamiseks. Tõstekraana elektromagnet kujutab enesest hobuserauakujulise magneti ühte varianti (joon. 89).

Küsimusi.

1. Mis vahe on terasmagneti ja elektromagneti vahel?
2. Millest sõltub elektromagneti tõstejõud?

70. Elekterkõlisti. Elekterkõlisti on kujutatud skemaatiliselt joonisel 90. Võtnud kõlistilt kätte, näeme hobuserauakujulist elektromagnetit *E-M*, mille mähise üks ots on kinnitatud kõlisti sisseviiva klemmi *A* külge.

Vool, tulles klemmi *A*, läheb algul elektromagneti ühte pooli mööda teise, satub sealt vedrusse *N*, mis tõmbab eemale rauast «ankrut», ja läheb kontakt-kruvikese kaudu, mis ühendab metallpladikest teise klemmiga, vooluvõrku. Voolu läbiminekul tõmbub ankur vastu elektromagnetit ja kuulike *M*, mis on ühendatud ankruka, annab löögi vastu kellakausi-kest *K*. Elektromagneti poolt külgetõmmatud ankur eemaldub kontaktkruvist, mille tagajärjel vool katkeb ja elektromagnet lakkab ankrut külge tõmbamast. Niipea kui vool katkes, tõmbab vedru ankru vastu kontaktkruvi, kusjuures vooluringis tekib automaatselt vooluühendus, elektromagnet tõmbab ankru



Joon. 90. Elekterkõlisti.

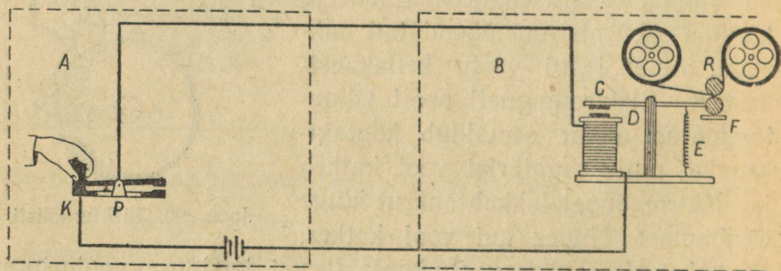
uuesti külge, uuesti katkeb vooluringis vool, ja see kordub nii kaua, kuni vajutatakse kella juhtme nupule. Ankru igal lähenemisel elektromagnetile lööb kuulike vastu kella ja kuna voolu ühendus ja katkestus kordub, kõliseb kell kogu aja, kuni vajutatakse nupule.

Elekterkõlistite abil teostatakse signaliseerimist tulekahju puhul ja igasugustel teistel hädakorra juhtudel abi väljakutsumiseks. Võib seada sisse automaatselt tekkivaid hoiatussignaale. Automaatseid elektromagnetilisi signaale kasutatakse tihti raudteel.

71. Morse telegraaf. Telegraaf kujutab enesest seadist, mille abil võib mitte üksnes anda signaale kauguste taha, vaid neid signaale võib ka üles kirjutada. Sõna telegraaf koosneb kahest sõnast: *tele* — kaugel ja *grafo* — kirjutam. Seega on telegraafi-seadis määratud signaalide edasiandmiseks kauguste taha ja nende üleskirjutamiseks.

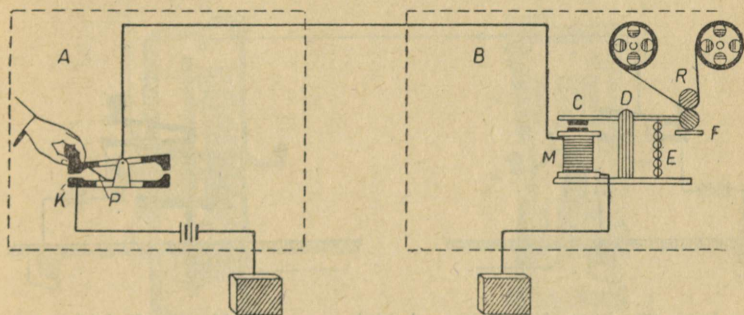
Telegraafi ehitus on järgmine: saatejaamas *A* on elementide patarei ja eriline voolulüliti *P*, mida nimetatakse telegraafi võtmeks (joon. 91).

Vastuvõtjaamas *B* on elektromagnet, mille pooluste kohal liikuva kangi õla *D* külge on kinnitatud raudplaadike *C*. Kangi teisel õlal, mida kisub eemale vedru *E*, on rattake *F*, mis on



Joon. 91. Morse telegraaf.

kaetud värviga. Vastuvõtu- ja saatejaam on ühendatud juhtmega. Telegraafi võti on varustatud vedruga, mis lahutades metallkangi kontaktist *K*, lülib ahela välja. Et sulgeda ahelat, peab vajutama kangile ja viima selle ühendusse kontaktiga. Voolu sisselülilisel jaamas *A* tõmbab elektromagnet jaamas *B* külge raudankru, mis sunnib rattakest *F* puudutama



Joon. 92. Kahe telegraafijaama ühendamise skeem.

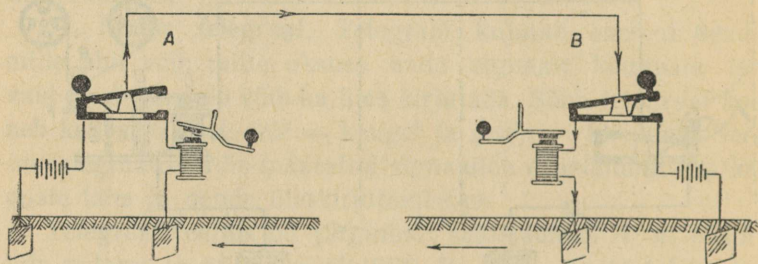
silindrikest *R*, mille ümber liigub eri mehhanismi abil paberi-riba. Puudutades paberit, jätab rattake sellele jälje — kriipsukese, mille pikkus oleneb sellest, kui kaua vajutati võtmele jaamas *A*. Võtme lühikesed vajutused annavad punkte, kestvamad vajutused — kriipse.

Kombineerides kriipse ja punkte võib nende abil koostada leppemärkide tabeli, mille märgid vastavad alfabeedi tähtedele, numbritele ja kirjavahemärkidele.

Joonisel 92 on kujutatud sama skeem, mis joonisel 91, kuid ainult selle vahega, et liiniks jäi üks juhe. Patareist väljuv juhe ja elektromagnetist väljuv juhe pole teineteisega ühendatud metalli abil, vaid on juhitud maasse. Sellise ühenduse puhul osutub teine juhe üleliigseks.

Joonistel 91 ja 92 on kujutatud telegraafi-seadise lihtsaim skeem, mille abil on võimalik telegrammide üleandmine jaamast A jaama B, kuid pole võimalik vastupidine üleandmine. Et oleks võimalik telegrammide vahetus jaamade vahel, on tarvilik, et igaühes neist oleks telegraafi aparaat ja võti.

Kahe jaama ühendusskeem, mis annab neile võimaluse omavahel ühendust pidada, on kujutatud joonisel 93. Siin näeme, et mõlemas jaamas on telegraafi aparaadid ja võtmed



Joon. 93. Jaam B võtab vastu telegrammi, mida annab jaam A.

Joonisel 93 on kujutatud kangide asendid juhuks, millal annab üle jaam A, aga jaam B võtab vastu. Vool patareist, mille üks poolustest on maandatud, läheb jaamas A allavajutatud võtmesse, võtmest juhtmesse, mis ühendab liini, kust satub jaama B võtmesse, mille kaudu suundub elektromagnetisse ja maandub.

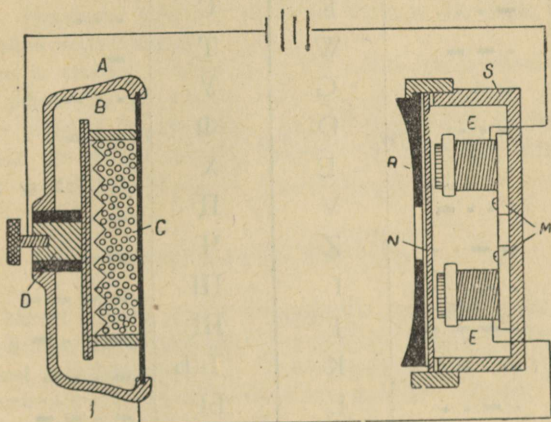
Olgu tähendatud, et toodud skeemid on lihtsaimad skeemid, mis selgitavad telegrafeerimise printsiipi. Praeguste telegraafiaparaatide ehitus on märksa keerukam.

Küsimusi.

1. Kuidas on ehitatud Morse telegraaf?
2. Mis on signaalide edasiandmisel telegraafi teel tagasitulevaks juhtmeks?

72. Mikrofon ja telefon. Lihtsaim telefoni-seadis koosneb mikrofonist,¹ saatejaama patareist ja telefonist² vastuvõtte jaamas. Kui koostada vooluring järjestikku sisselülitatud mikrofonist, telefonist ja patareist, siis läbib vooluringi vool, mille tugevus sõltub patarei pingest ja vooluringi takistusest.

Nüüdisaja mikrofon (joon. 94) kujutab enesest ümmargust metallkarbikest *A* ühes õhukese sõest kaanega — membraaniga *C*. Karbis *A*



Joon. 94. Mikrofon ja telefon.

asetseb sõeplaadike *B*. Plaadikese *B* ja membraani *C* vahele on pandud sõepulbrit. Plaadikese *B* ulatub välja metallvarb *D*, mis on isoleeritud karbist *A* ja membraanist *C*. Mikrofonist tulev vool läheb läbi sõeterakeste kihi, mis oma ebatiheda ühenduse tõttu kujutab enesest suurt takistust. Kui membraani ees tehakse mõnesuguseid hääli, siis õhu võnkumised panevad võnkuma membraani *C*. Membraani võnkumisel surutakse sõepulbrile kord tugevamini kord nõrgemini, mille tagajärjel sõepulbri takistus ja ühes sellega ka kogu vooluringi voolutugevus kõigub järsult. Vooluringi läbib muutuva tugevusega vool.

¹ Kreeka sõnadest: mikros — väike, fone — hää.

² Kreeka sõnadest: tele — kaugel, fone — hää.

Morse tähestik.

Vene tähestik	Telegraafi-märk	Rahvus-vaheline tähestik	Vene tähestik	Telegraafi-märk	Rahvus-vaheline tähestik
А	..	А	Р	..	Р
Б		В	С	...	С
В	..	W	Т	-	Т
Г	---	Г	У	...	U
Д	---	Д	Ф	..-	F
Е, Э	.	Е	Х		H
Ж	...-	У	Ц	...-	C
З		З	Ч	---	О(Ö)
И	..	И	Ш	---	Ch
Й	..--	Й	Щ	---	Q
К	---	К	Ъ, Ъ	---	X
Л	...-	Л	Ы	...-	Y
М	--	М	Ю	..-	U
Н	-.	Н	Я	..-	A
О	---	О	.		.
П	...-	Р	,	...--	,
1	..--	6	..		
2	..--	7	---	...	
3	...-	8	---	...	
4	-	9	---	...	
5		0	---	---	

Telefonitorusse *S* on paigutatud permanentne (alaline) magnet *M*, mille poolustele on pandud peenikesest isoleertraadist poolid *E*. Magneti pooluste ette on asetatud raudplaadike — telefoni membraan *N*.

Vooluringist tulev vool läbib telefoni poole *E*.

Voolutugevuse kõikumisel telefoni vooluringis muutub membraani külgetõmme magneti poolt. Telefoni membraan võngub täpselt samuti nagu mikrofon membraan, mistõttu kuuleme telefoni teel edasiantavat kõnet.

Muutuva tugevusega voolud panevad valjuhääldajas liikuma väikese raudplaadikese, mis on ühendatud suure paberist membraaniga — «difuusoriga». Plaadikese võnkumine paneb võnkuma difuusori, mille tulemusena saadakse valjud hääled.

Mikrofone ja telefone kasutatakse mitte ainult kõnelemiseks juhtmete abil ja ilma juhtmeteta (radio). Mikrofon, mis on lastud vette, lubab kuulata suure kauguse tagant müra, mida tekitavad vees allveelaevade ja laevade kruvid. On olemas aparate vaenlase patarei suuna ning kauguse määramiseks ja aparate lennukite otsimiseks õhus.

Ülesandeid VI peatüki juurde.

1. Üks kahest väliselt täiesti ühesugusest teraspulgakesest on magnetiseeritud. Kuidas saada teada, milline pulgakene on magnetiseeritud, omamata käepärast mingisuguseid teisi esemeid peale nende pulgakeste?

2. Magnetnõela põhjapoolusele lähendati rauatükk, mistõttu nõel pööras rauast kõrvale. Kuidas antud nähtust seletada?

3. Miks rauapuru, tõmbununa magneti pooluse külge, moodustab üksteisest eemaletõukavaid tüpsusid (joon. 68).

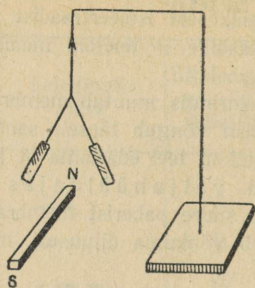
4. Miks rauaplaadikesed, mis ripuvad niidi otsas kõrvuti, eemalduvad, kui neile lähendada magnet (joon. 95).

5. Magnetil pole näidatud pooluste nimetust. Kuidas võib kindlaks määrata, milline magneti poolus on põhjapoolus?

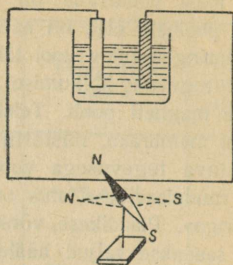
6. Kui kelladele lähendada tugev magnet mitu korda, siis muutuvad pärast seda kellade ajanäitamised märgatavalt ebaõigeks ja mõnikord saavad nad tagasi õige käigu alles mitne päeva pärast. Kuidas seda nähtust seletada?

7. Vooluga juhe on asetatud magnetnõela kohale. Millises suunas kaldub kõrvale nõela põhjapoolne ots, kui vool läheb põhjast lõunasse?

8. Pärast voolu lüümist vooluringi (joon. 96) kaldus magnetnõel esialgsest seisust kõrvale (joonisel kujutatud punktiiriga) ja võttis uue asendi. Määrata vooluallika poolused.



Joon. 95.

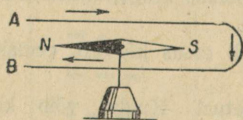


Joon. 96.

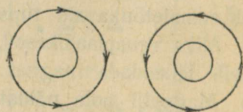
9. Juhe AB (joon. 97) kujutab aasa, millesse on asetatud magnetnõel. Kas liigub magnetnõel, kui lasta vool juhtmesse A -st B suunas, kui jaa, siis kuhu poole kaldub nõela põhjapoolne ots?

10. Määrata voolu suund juhtmeis, mis on kujutatud joonisel 98, kus väikesed ringid kujutavad juhtmete läbilõiget, aga suured ringid nooltega — magnetiliste jõujoonte suunda.

11. Elektromagnet koosneb 200 traadikeerust, mida läbib 2-amprine vool. Mitu keerdu traati tuleb võtta, et magnetil oleks samasugune mõju kui 16-amprise voolu läbilaskmisel?



Joon. 97.

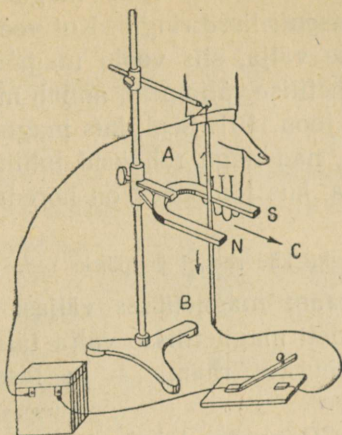


Joon. 98.

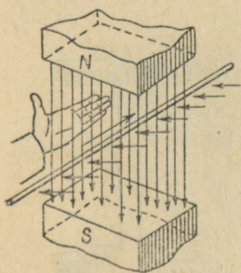
VII peatükk.

Elektrienergia muundumine mehaaniliseks energiaks.

73. Vooluga juhtmete liikumine magnetilises väljas. Kui sulgenud ahela (joon. 99), laseme voolu läbi traadi, mis on



Joon. 99. Vooluga juhtme liikumine magnetilises väljas. Nool *B* näitab voolu suunda; nool *C* — juhtme liikumise suunda; jõujoonte suund — *N*-ist *S*-i poole.



Joon. 100. Vasaku käe reegel.

hobuserauakujulise magneti magnetilises väljas, siis hakkab vooluga juhe magnetilises väljas liikuma, lõigates seejuures välja jõujooni.

Muutes voolu suunda või magnetilise välja suunda, märkame, et muutub ka juhtme liikumissuund. Vooluga juhtme liikumissuunda magnetilises väljas võib määrata järgmise vasaku käe reeglga (joon. 100):

kui asetada vasak käsi nii, et magneti jõujooned suunduksid peopessa, väljasirutatud sõrmed aga näitaksid voolu suunda, siis näitab kõrvalepööratud põial vooluga juhtme liikumise suunda.

Vooluga juhtme läheduses tekib magnetiline väli, mille jõujooned on kontsentrilised ringid. Kui vooluga juhe on asetatud magnetilisse välja, siis voolu magnetiline väli, asetudes magneti magnetilise välja peal, annab magnetilise spektri, mis on kujutatud joon. 101. Seal, kus magneti jõujooned kulgevad tihedamalt, nad nagu rõhuksid juhtmele, surudes teda välja sellesse ossa, kus jõujooned on hõredamalt.

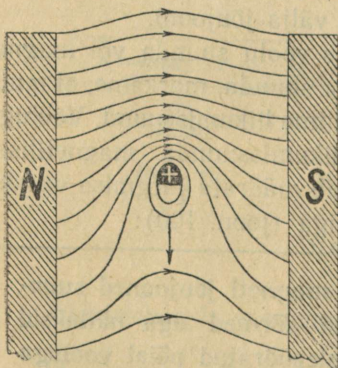
Küsimus.

Milles seisab vasaku käe reegel ja milleks seda kasutatakse?

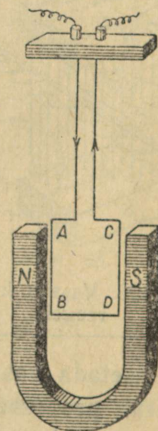
74. Vooluga raam magnetilises väljas. Asetame hobuse-raakujuulise magneti magnetilisse välja täisnurkselt koolutatud traadi — täisnurdse raami — ja laseme voolu raami (joon. 102).

Raami *AB* ja *CD* osades läheb vool erinevais suundades, mistõttu need osad liiguvad magnetilises väljas erinevalt. Raam pöörduv ja asetub nii, et magneti jõujooned tungivad läbi ta tasapinna.

Kasutades vasaku käe reeglit, võib määrata, mis suunas raam pöörduv.



Joon. 101. Magneti ja voolu magnetiline väli.



Joon. 102. Vooluga raam magnetilises väljas

Harjutusi.

1. Kasutades vasaku käe reeglit, määrata voolu suund juhtmes, mis on kujutatud joonisel 101.

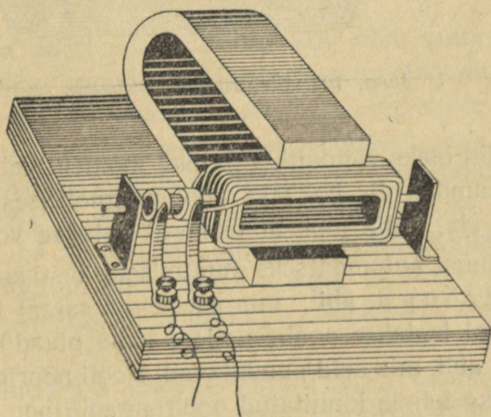
Millises suunas liigub raam (joon. 102), kui vool raamis läheb A-st C-sse?

75. Elektrimootor. Vooluga juhtme liikumine magnetilises väljas on leidnud kasutamist elektrimootoreis elektrienergia muundamisel mehaaniliseks energiaks.

Asetame pooli hobuserauakujulise magneti magnetilisse välja nii, et selle keerdude pind ühtiks jõujoonte suunaga (joon. 103), ja lülime sisse voolu¹.

Pool pöörduv ja jääb pärast teatud kõikumist seisma selles asendis, et selle keerdude pind on risti jõujoonte suunaga.

Voolu suuna muutmisel poolis pöörab viimane end mag-

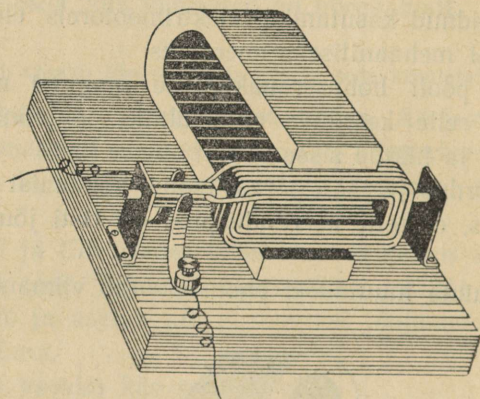


Joon. 103.

¹ Vool juhitakse pooli (joon. 103) kahe vaskrõnga abil, mis on asetatud teineteisest ja teljest isoleerituna pooli teljele; rõngaste külge on joodetud mähise otsad.

netilises väljas 180° võrra ja läheb esialgu tasakaalu-asendist kaugemalegi.

Et pooli pöörata veel 180° võrra, peab muutma voolu suunda poolis sel momendil, kui ta on tasakaalu-asendist üle läinud. Tähendab, kui läheks korda mõelda välja selline sea-



Joon. 104. Elektrimootori skeem.

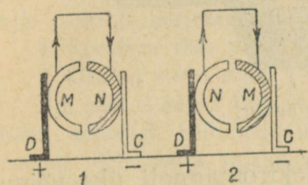
dis, mille abil oleks võimalik vajalikel momentidel muuta poolis voolu suunda, siis hakkaks pool magnetilises väljas liikuma kogu aja, mille jooksul temasse antakse voolu.

Voolu suuna automaatseks muutmiseks lastakse vool pooli kahe poolrõnga abil, mis asetsevad samal teljel, millel on pool. Vool lastakse poolrõngaisse kahe plaadikese (harjakese) abil, mis neid puudutavad. Pooli pöörlemisel pöörlevad koos ka teljele kinnitatud poolrõngad (joon. 104).

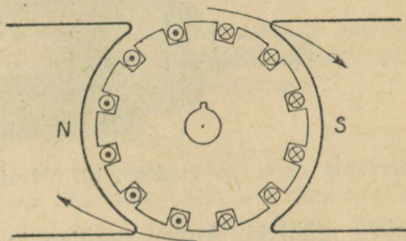
Kui asendis 1 (joon. 105) harjakese D külge läheb poolrõngas M , siis vool poolis läheb M -st N -le ja pool pöörab end 180° võrra. Selle pöördega (asend 2, joon. 105) läheb harjakese D külge poolrõngas N , ja vool poolis läheb N -lt

M-le, mistõttu pool teeb uue 180° -se pöörde jne. Tekib katkestamatu pöörlemine.

Magnetiline väli mõjutab pooli suurema jõuga sel juhul, kui pooli keerdude tasapind on asetatud piki magnetilise välja jõujooni. Kui pooli p'nd on välja jõujoontega risti, siis pöörleb pool ainult inertsia mõjul. Pooli pöörlemine toimub tõugetega.



Joon. 105.



Joon. 106. Vooluga juhtmete asetused tehnilise mootori ankrus.

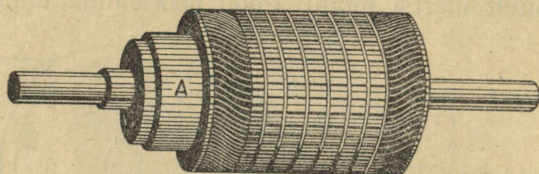
Et muuta pöörlemist ühtlasemaks, võib võtta mitte ühe pooli vaid kaks, asetades neid teineteisega risti või, nagu seda tehakse tehnilises mootoris, asetada keerud mitte ühele tasapinnale, vaid silindri peale (joon. 106).

Tehnilistes mootorites magnetilises väljas pöörlev mootori osa (joon. 107) — ankur — koosneb silindrist, mis on moodustatud üksikuist õhukestest raudrõngastest. Silindri välispinnasse on lõigatud kanalikesed mähise üksikute osade — või nagu neid tehnikas nimetatakse — sektsioonide mahutamiseks.

Ankru ühtlaseks liikumiseks on vaja, et ankruga ühe poole keerdudes voolu suund oleks kogu aja vastupidine voolu suunale teise poole keerdudes, nagu see on kujutatud joonisel 106. Tähendab, ankruga juhtmete liikumisel magnetilises väljas peab vool neis vahelduma. Suuna vaheldamine toimub kollektori abil. Tehniliselt kujutab kollektor enesest silindrit, mil-

lele on kinnitatud üksteisest isoleeritud vaskplaadid ja mille külge on joodetud mähise üksikud osad (joon. 107 A).

Magnetiline väli, milles pöörleb ankur, tekitatakse tugeva elektromagnetiga, mis saab voolu samast allikast kui

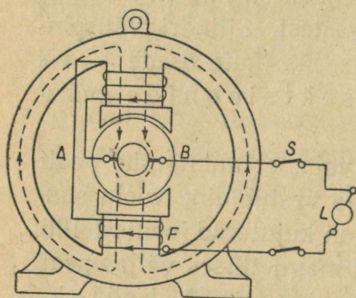


Joon. 107. Mootori ankur.

ankru mähiski. Ankru mähise ja elektromagneti üks võimalikke ühendamise skeeme on kujutatud joonisel 108.

Generaatorist L läheb vool elektromagneti mähisesse F , siis harjasse A , kust kollektori plaadikese kaudu satub ankrumähisesse ja kollektori teise plaadikese kaudu harjasse B . Harjast B läheb vool lüliti S plaadikese kaudu vooluallikasse tagasi.

Ankur pöörleb kuni tuleb voolu. Asetanud ankruteljele rihmaratta või ühendanud ankrutelje mingi masina teljega, võime ankrutelje pöörlemist edasi anda igale masinale ja panna seda liikuma.



Joon. 108.

Ankrutelje pöörlemise kiirust reguleeritakse ankrumähisesse mineva voolu reguleerimisega. Pöörlemise suuna vahetamiseks on vaja muuta voolu suunda kas ankrumähises või elektromagneti mähises.

Küsimusi.

1. Millistest peamistest osadest koosneb elektrimootor ja milline on iga osa ülesanne?
2. Milleks on kollektor?
3. Kuidas antakse voolu mootori ankru mähisesse?

76. Laboratoorne töö nr. 5. Töö eesmärk. Koostada valmisosadest elektrimootori mudel ja proovida ta tööd.

Abinõud: hobuserauakujuline magnet; traadist pool, mis on kinnitatud teljele koos kollektoriga; puualus selle külge kruvitud laagritega ankrutelje jaoks ja harjakestega; elementide patarei; ühendustraate.

1. Koostada riist vastavalt joonisele 104.
2. Lülides voolu sisse, panna riist tegevusse.

Kui pool ei hakka liikuma, on vaja leida selle põhjus ja see kõrvaldada. Riista kollektor võib teljel pöörelda. Pöörates kollektorit, on tarvis leida mootori töötamiseks vajalik kollektori asend pooli asendi suhtes magnetilises väljas.

77. Elektrimootorite rakendamine. Elektrimootorid omavad võrreldes soojusmootoritega rea eeliseid.

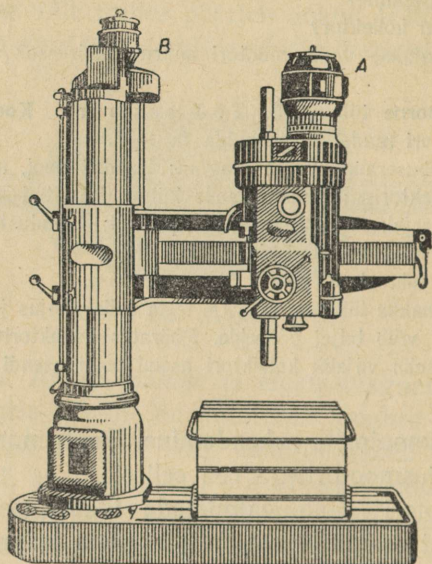
Elektrimootorit võib valmistada igasuguse võimsusega, olenevalt neist eesmärkidest, milleks teda määratakse, alates väikesist mootoreist puurmasina käivitamiseks, mida kasutavad hambaarstid, kuni võimsate puurimisinstrumentideni, mis töötavad söekaevandustes.

Elektrimootor ei vaja erilist hooldamist: ta on alati valmis tööks. Mootori käivitamine ja seismapanek toimub lüliti lihtsa sisse- ja väljalülamise teel või erilise käivitamiseadise abil.

Mootori käivitamist ja seismapanekut võib toimetada igast kohast ja isegi suure kauguse tagant. Lüliti, millega voolu sisse lastakse, võib asetada igasse kohta. Lifti mootorit näiteks, mis asetseb väljaspool lifti kabiini, juhitakse kabiinist.

Iga elektrimootor võtab väga vähe ruumi, töö juures ei erita mingisuguseid gaase, suitsu ega auru. Teda võib paigutada igasse ruumi, igale masinale, ühendades teda sageli vahetult masinaga (joon. 109).

Elektrimootorite ehituse lihtsus teeb neid töös usaldatavaks ja valmistamisel odavaks.



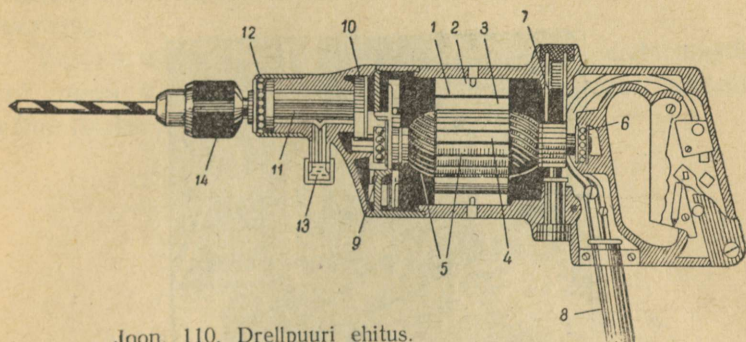
Joon. 109. Mootor puurmasinal.

Elektrimootorite kasutegur tõuseb võimsate mootorite juures kuni 98%-ni, mida ei saavuta ükski teine mootor.

Eelised, mida annavad üksikud spetsiaalselt iga masina jaoks kalkuleeritud mootorid, viivad rihtm- ja hammasülekanete järkjärgulise väljatõrjumiseni vabrikutest ja tehastest ning nende asendamiseni elektrimootoritega.

Elektrimootorid, mis on üles seatud igale üksikule tööpin- gile, päästavad vabrikud liikuvate rihtmade võrgust, võimalda- vad energia ratsionaalset ärakasutamist ja kadude vähenda- mist.

Elektrimootor kulutab energiat ainult siis, kui ta paneb käima tööpink.



Joon. 110. Drellpuuri ehitus.

1 — drellpuuri mootor; 2 — elektromagneti südamik; 3 — elektromagneti kingakesed; 4 — ankur; 5 — ankru mähis; 6 — kollektor; 7 — harjakesed; 8 — voolu sisselülitis; 9 — ankru völli; 10 — hammasratas-ajam; 11 — drellpuuri spindel; 12 — kuullaager; 13 — õlik; 14 — drellpuuri padrun.

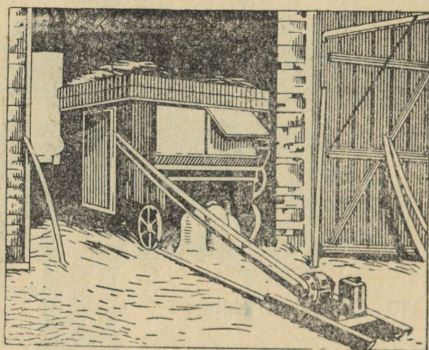
Energia kohaleviimine elektrijuhtme abil lubab mehhaniseerida rida töid, mis vabrikuis, kus on tarvilusel auruõumasinate, sooritatakse käsitsi. Drellpuur, milles puur pannakse liikuma väikese mootori abil, on töölise kätes väikeseks puurmasinaks, mis on võimeline puurima igas suunas ja igas kohas, kuhu ainult puuriga juurde pääseb (joon. 110).

Elektrimootorid, mis on asetatud sildkraanale, viivad edasi kraanat ennast ja tõstavad raskusi. Mitmesuguse võimsusega mootorid panevad käima vabriku ventilatsiooni.

NSV Liidu tööstus oli 1932. a. elektrifitseeritud 69%-liselt. Lähemal ajal on kavatsus elektrifitseerida tööstust 100%-liselt.

Võimsaid elektrimootoreid kasutatakse meil põllumajanduses elektritrade, pumpade, viljapeksumasinate, tuulajate,

hekslimasinate ja sortimismasinate käitamiseks (joon. 111); väiksema võimsusega mootoreid võib kasutada koorelahutamisel, võitegemisel ja isegi lehmälüpsmisel.



Joon. 111.

Dreadnought — sõjalaev, veeväljasurvega mitte alla 25 000 t, kannab enesel suurt koormat, mis koosneb kahuritest, soomusest, laskemoonast, masinaist ja suurest komandost — üle 1000 inimese. Laeva rasked kahurid asuvad erilistes soomustatud tornides.

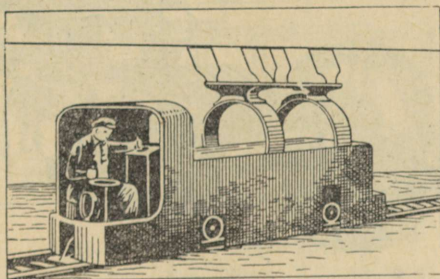
Tulistamise korral peavad tornid end pöörama, suunates kahurid märgi poole. Peale raskete kahurite on laeval hulgaliselt kergeid 6-tolliseid kahureid, mis on paigutatud dreadnoughti keskmisse ossa.

Tornide sisemuses asetsevad elektrimootorid ühes mehhanismidega torni pööramiseks, kahurite tõstmiseks ja kallutamiseks, samuti ka laengute ja mürskude kätteandmiseks. Eri- lised elektrivintsid toimetavad mürske padrunite keldreist, mis asetsevad all, ülalasetsevate kahurite juurde.

Juhtides torni ja kahureid, mis pannakse liikuma elektrimootorite abil, võib torni komandör väga kergesti suunata

kõik kahurid ettenähtud märgi poole, kusjuures samaaegselt toimub ka laadimine. On küllalt ühest vajutusest nupule, et märgitud sihi suunas anda kogupauku kõigist kahureist korraga.

Vee all ujumise ajal on allveelaeval elektrimootorid, mida toidetakse akumulaatorite patareidega, ainsaiks võimalikeks jõumasinaiks.



Joon. 112. Kaevanduse elektrivedur.

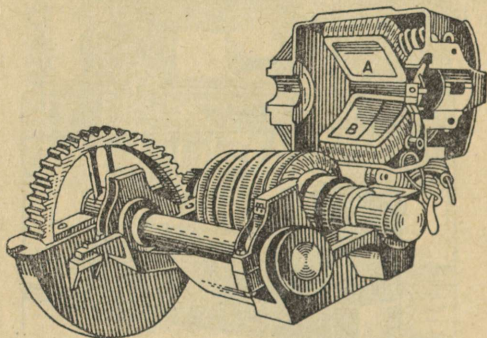
Vee peal pannakse allveelaev liikuma diiselmootori abil. Vee alla laskumisel lõpetab diiselmootor töö, ja tegevust alustab elektrimootor.

Suurtes raudteejaamades ja mitmesugustes töökodades võib tihti kohata terveid ronge väikesi laetud vagonette, mida veab elektrimootoriga varustatud elektrivagonet. Voolu annab mootorile akumulaatorite patarei, mis asetseb mootor-vagonetil.

Joonisel 112 on näha elektrimootori rakendamist kaevanduse elektriveduris, mida kasutatakse maagivagunite veoks. Selles elektriveduris ei ole akumulaatoreid. Vool tuleb mootorisse ülemist juhett kaudu ja läheb rööbastesse. Täpselt samuti leiab elektrimootor kasutamist trammis,

elektriraudteedel ja maa-alustel elektriraudteedel — metroomis.

Mootorid, mis panevad liikuma trammivaguni, asetsevad vaguni all iga telje läheduses. Joonisel 113 on kujutatud üks vaguni telgi ühes sellele paigutatud mootoriga.



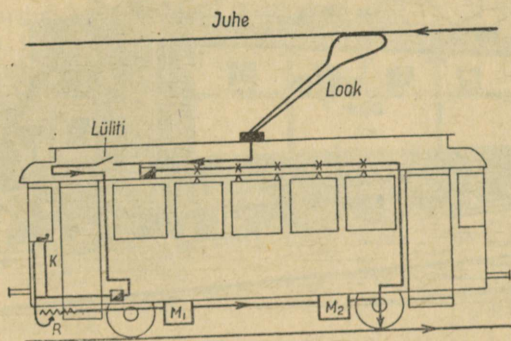
Joon. 113. Trammimootor.

Mootor on avatud. Ankrute teljel on näha väike hammasrattas kokkuhaagituna suure hammasrattaga, mis on ühendatud vagunirataste teljega. Magnetiline väli tekitatakse nelja poolusega. Tagasipööratud osas on näha kaks poolust A ja B.

Vool juhitakse vagunisse looga abil, mis on paigutatud vaguni katusele ja mis puutub ühte juhet, ning sealt läheb vool rööbastesse. Voolu teekond on järgmine (joon. 114): ülemisest juhtmest läheb vool looka mööda vagunijuhi poolt käideldavasse erilisse aparaati, nn. kontrollerrisse K^1 , kust satub mootorite M ühte kollektori harjakesse; läbinud ankrute ja elektromagnetite mähise, läheb vool vaguni teljesse, kust rataste kaudu läheb trammitee rööbastesse.

¹ Kontrolleri abil on vagunijuhi võimalus reguleerida mootoris tuleva voolu tugevust, mootorit võrku sisse ja välja lülida ning muutes voolu suunda ankrute mähises, muuta ankrute pöörlemise suunda.

Voolu teel on rida kaitsmeid ja automaatseid voolukatkestajaid, mis lülivad mootori vooluvõrgust välja, niipea kui vool mõnesugusel põhjusel saab kardetavaks mootori mähisele.



Joon. 114. Voolu tee trammivagunis.

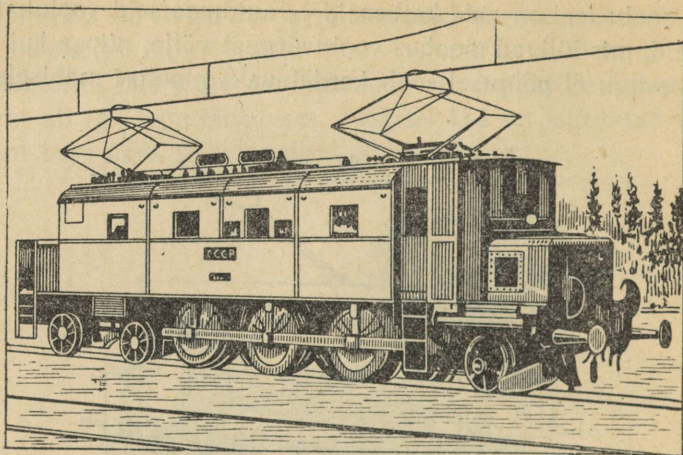
Joonisel on vool mootorist välja lülitatud. Valgustusvõrk on sisse lülitatud.

Võimalus saavutada igasugust liikumiskiirust, energia kaotuse puudumine seisakute ajal ja trami suur keskmine kiirus, vaatamata sagedastele peatustele, — lubavad talle kätte võita üha suuremat tähtsust transpordis.

Mootori suur kasutegur, võimalus kasutada madalasordilise kütuse odavat energiat või hüdrojaama energiat, omavad liikluse elektrifitseerimisel elektriraudteede abil erilist tähtsust (joon. 115).

Küsimusi.

1. Milliseid eeliseid omab elektrimootor?
2. Kuidas kasutatakse elektrimootorit vabrikus, põllumajanduses, sõja-asjanduses ja transpordis?
3. Kuidas on ehitatud tramm?
4. Milline paremus on elektriveduril, võrreldes auruveduriga?



Joon. 115. Elektrivedur.

Ülesandeid VII peatüki juurde.

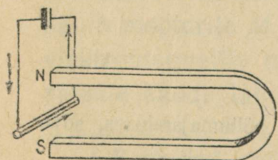
1. Mis suunas hakkab liikuma juhe joonisel 116? Voolu suund selles on näidatud nooltega.

2. Magnetite (joon. 117) pooluste vahele on asetatud neli vooluga juhet. Kuidas neist liigub igaüks?

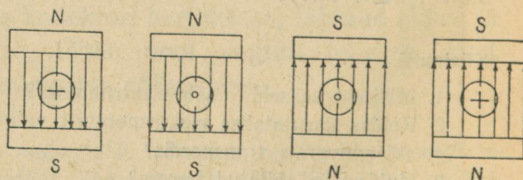
Juhatus. Märk $\odot$ tähendab, et vool tuleb meie poole, märk $\oplus$ — vool eemaldub meist.

3. Joonisel 118 on kujutatud neli vooluga juhet, mis asuvad magnetilises väljas. Näidata noolega, kuidas liigub iga juhe.

4. Magnetite pooluste vahele on riputatud kaks raami (joon. 119). Voolude suund neis on näidatud nooltega. Kuidas hakkab liikuma igaüks neist?



Joon. 116.



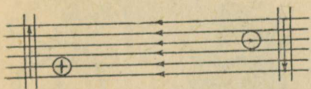
Joon. 117.

5. Määrata voolu suund raamis (joon. 119), mis liigub magnetilises väljas nagu kella osuti.

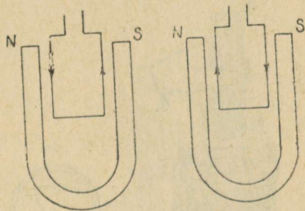
6. Vooluga raam on asetatud hobuserauakujulise magneti pooluste vahele nii, et ta pind on risti jõujoontega. Kas raam hakkab pöörlema?

7. Mootorit toidetakse 100-amprise vooluga 500-voldise pinge juures. Milline on mootori võimsus, kui kasutegur on 90%?

8. Milline peab olema voolu tugevus 440-voldise pingega mootoris, kui mootori võimsus peab olema 40 HJ?
(Energia kaotust ülesande lahendamisel ei arvestata.)



Joon. 118.



Joon. 119.

VIII peatükk.

ELEKTROMAGNETILINE INDUKTSIOON.

78. **Induktsioonvool.** Voolu läbiminekul juhtmest tekib juhtme ümber magnetiline väli.

F a r a d a y tegeles vastupidise küsimusega: kas ei saa juhtmes voolu kutsuda esile magneti abil. Ta korraldas 1831. a. rea katseid, mille tulemused said nüüdisaja elektrotehnika aluseks.

Traatpool on ühendatud tundliku galvanomeetri klemmidega. Galvanomeetri osuti ei kaldu kõrvale; tähendab poolis pole voolu.

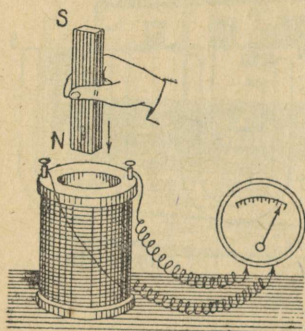
Kui pooli asetada magnet, siis kaldub osuti kõrvale; järelikult poolis on vool (joon. 120).

Niipea kui magneti liikumine jääb seisma, katkeb ka vool (joon. 121).

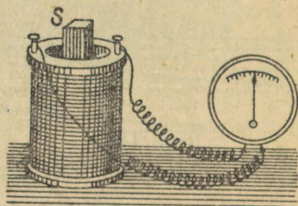
Magneti liikumisel suletud poolis tekib poolis vool.

Voolu, mis tekib poolis, nimetatakse induktsioonvooluks.

Analoogiline nähtus saavutatakse, kui magneti asemele asetada pooli elektromagnet, või jättes magneti paigale, liigutades selle peal pooli.



Joon. 120.



Joon. 121.

Juhtmes tekib elektrivool, kui panna juhe liikuma magnetilises väljas.

Olgu tähendatud, et mitte igasugusel juhtme liikumisel magnetilises väljas ei teki voolu. Kui juhet liigutada piki jõujooni, siis voolu ei teki.

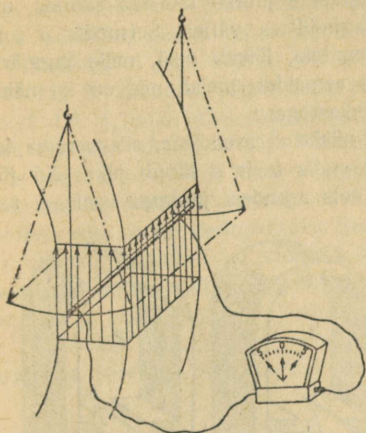
Liigutades juhet (joon. 122), mis on kinnitatud tundliku galvanomeetri klemmide külge, tugeva elektromagneti pooluste vahele, märkame, et

induktsioonvool tekib juhtmes ainult sel juhul, kui juhe oma liikumisel lõikab magneti jõujooni.

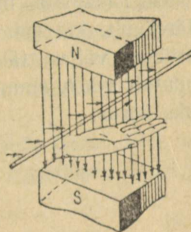
Voolu suund juhtmes muutub juhtme liikumise suuna muutmisega (joon. 122).

Juhtme liikumisel magnetilises väljas tekib juhtme otstes pinge. Mehaaniline energia muundub elektrienergiaks.

Induksioonvoolu suuna määramiseks võib kasutada järgmist parema käe reeglit.



Joon. 122.



Joon. 123. Parema käe reegel

Asetame parema käe magnetilisse väljasse nii, et magnetilised jõujooned tuleksid peopessa (joon. 123); kui juhe liigub pöidla suunas, siis induksioonvoolu suund ühtib nelja väljasirutatud sõrme suunaga.

Nagu näitab katse, sõltub magnetilises väljas liikuva juhtme otste pinge ühes sekundis lõigatavate jõujoonte arvust.

Voolu tekkimist juhtmes, mis lõikab magneti jõujooni, nimetatakse elektromagnetiliseks induksiooniks.

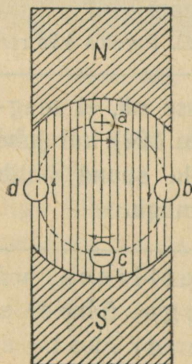
Küsimusi.

1. Millistel viisidel võib saada voolu magneti abil?
2. Millist voolu nimetatakse induksioonvooluks?
3. Millise reeglga määratakse suunda induksioonvoolul, mida saadakse juhtme liikumisega magnetilises väljas?

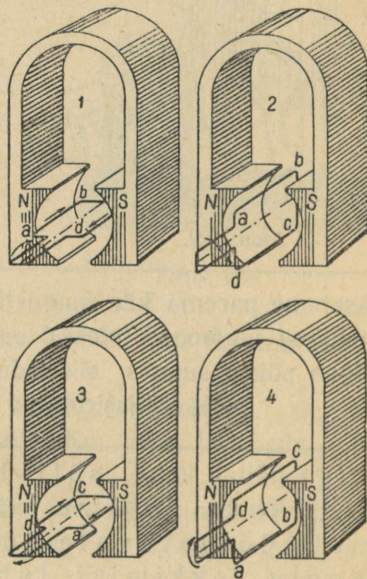
79. **Vahelduva pinge saamine.** Liikugu magnetilises väljas juhe, mille otsad on ühendatud galvanomeetriga. Juhtme asendid märgime ringikestega *a*, *b*, *c*, *d* (joon. 124). Nool ringikeste juures tähistab suunda, milles antud momendil asetseb juhe magnetilises väljas. Seisundis *a* juhe, liikudes magnetilises väljas risti jõujoontele, lõikab neid, mille tagajärjel juhtmes tekib vool, mis juhett mööda eemaldub meist, mis on ka näidatud ringis tähendatud lõikuvate joonekestega.

Kui juhe liigub nii, nagu see on näidatud asendis *c*, siis parema käe reegli järgi tuleb vool meie poole. Asendis *b* ja *d* liigub juhe piki jõujooni neid lõikamata, mille tagajärjel neis asendites juhtmes voolu ei teki.

Järelikult, kui juhe teeb magnetilises väljas täispöörde, muutub voolu suund selles kaks korda.



Joon. 124.



Joon. 125.

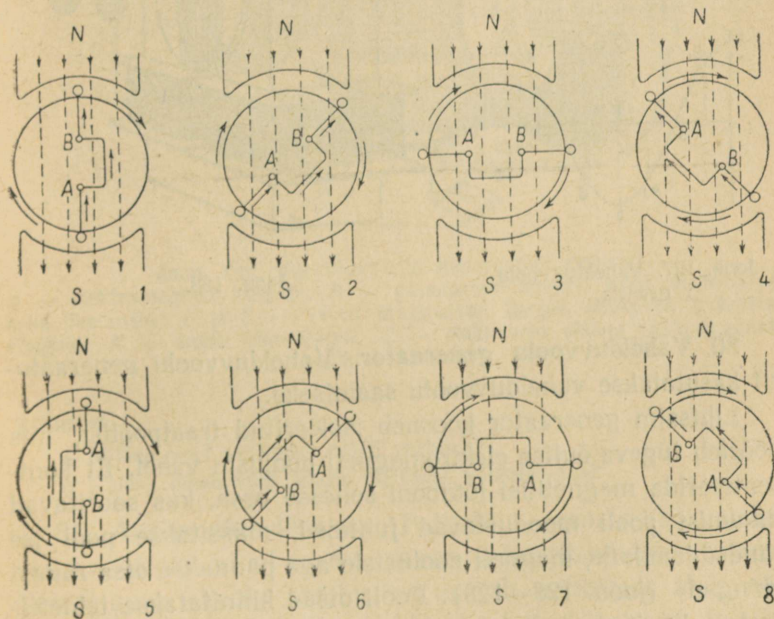
Voolu, mille suund perioodiliselt muutub, nimetatakse vahelduvvooluks.

Oletame nüüd, et magnetilises väljas pöörleb kellaosuti suunas juhe (joon. 125), mis on painutatud ristkülikuks *abcd*. Asendis 1 osa juhett *ab*

lõikab jõujooni, liikudes üles, aga cd lõikab neid jooni, liikudes alla, ab mööda vool eemaldub meist, cd mööda aga tuleb meie poole, mis ka nooltega on näidatud. Teisiti öeldes, juhtme liikumisel antud seisundis, või nagu öeldakse, antud faasis läheb vool riskülikus $abcd$ suunas.

Oletame, et juhe pööras end 180° võrra ja liigub, nagu näidatud joonisel 125 3. Esimesel pilgul näib, et joonis 125 3 on täpne koopia joonisest 125 1, kuid tähelepanelikumal vaatlusel on näha, et osa cd liigub üles, aga osa ab liigub alla. Tähendab, vool läheb nii, nagu näitab nool, dcb suunas, s. o. vool läheb vastupidises suunas. Juhtme liikumisel asendist, mis on näidatud joonisel 125 1, joonise 125 3 asendisse muutis vool juhtmes oma suuna vastupidiseks. See muutus võis tekkida ainult sel juhul, kui juhtme liikumisel oli moment, millal vool võrdus nulliga. Sellised momendid on kujutatud joonisel 125 2—4. Neil juhtudel liigub juhe piki jõujooni ja voolu juhtmes ei ole.

Täpsemalt võib jälgida voolu juhtmes $abcd$ tabelis (joon. 126), kus on kujutatud kaheksa mitmesugust juhtme asendit magnetilises väljas. Täis-

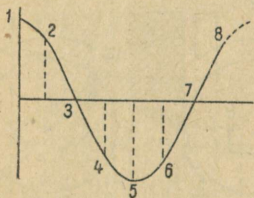


Joon. 126.

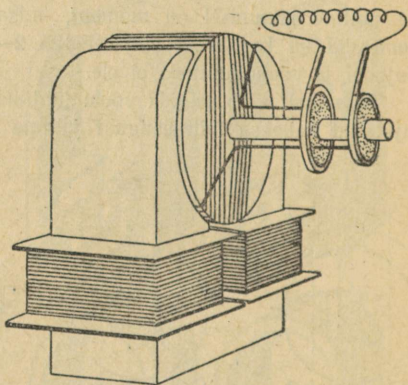
nurkselt painutatud juhtmeosa, mis on punkti *A* ja *B* vahel, vastab väljaulatuvale juhtmeosale joonises 125. Kui juhe on asendis 1, siis ta oma liikumisel risti jõujoontega lõikab läbi suuremat arvu jõujooni, mille tagajärjel temas tekib tugevam vool. Asendis 2 lõikub juhe sama liikumise kiiruse juures vähema arvu jõujoontega, sest ta liigub kallakuti jõujoonte suunaga: vool jääb nõrgemaks. Asendis 3 liigub juhe piki jõujooni: ta nendega ei lõiku; tähendab voolu ei ole. Liikudes asendisse 4, hakkab juhe taas lõikama magnetilisi jooni, kuid tema liikumine magnetilises väljas on teistsugune kui asendis 2; tähendab, vool muudab oma suunda. Asendis 5 saavutab lõigatud jõujoonte arv maksimumi ning vool saadakse kõige tugevam jne.

Voolu muutumine on kujutatud graafiliselt joon. 127.

Suletud keeru liikumisel magnetilises väljas tekib keerus vahelduvvool.



Joon. 127. Vahelduvvoolu graafik.



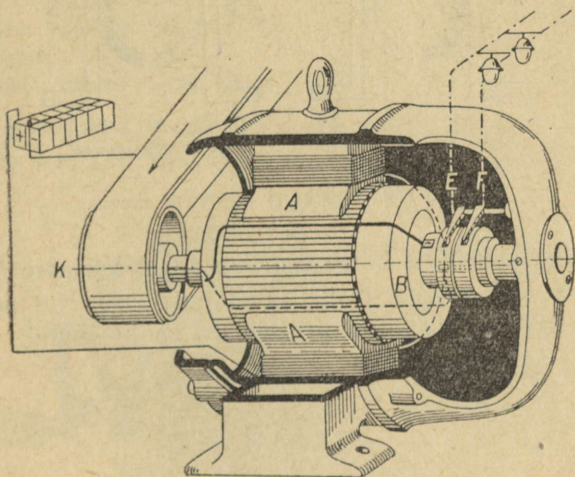
Joon. 128.

80. Vahelduvvoolu generaator. Vahelduvvoolu generaatorit kasutatakse vahelduvvoolu saamiseks.

Lihtsaim generaator koosneb isoleeritud traatpoolist, mis pöörleb tugevajõulise elektromagneti pooluste vahel. Et kontsentreerida magnetilisi jõujooni sellesse ossa, kus sooritavad liikumist pooli moodustavad juhtmed, mässitakse pool ise raudsüdamikule, magneti poolustele aga pannakse otsa rauast «k'ngad» (joon. 128—129). Pooli otsad kinnitatakse teineteisest isoleeritud vaskrõngastele, mis on pandud samale tel-

jele, millel on raudsüdamik. Rõngad puutuvad harju, millele kinnitatakse välisahela klemmid.

Vahelduvvool, mis saadakse pooli pöörlemisel magnetilises väljas, juhitakse harjakeste abil välisossa. Generaatori pöörlevat osa, mis koosneb südamikust ja sellele mähitud poolist, nimetatakse *a n k r u k s*.



Joon. 129. Vahelduvvoolu generaatori skeem.

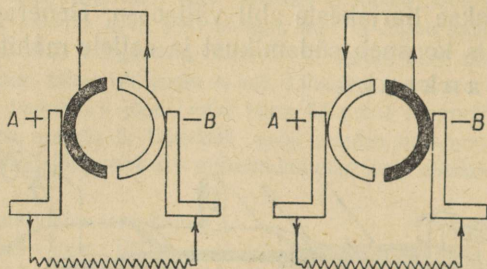
A — elektromagneti kingad; *B* — generaatori ankur; sellel on tõstetud esile üks mähe; *E* ja *F* — voolu ärajuhtivad harjad puutuvad kollektori rõngaid; *K* — ankru rihmaratas; *L* — alalisvoolu allikas elektromagneti poolide toitmiseks.

Küsimusi.

1. Milline vool saadakse ankru mähises?
2. Kuidas läheb vool ankru mähisest välisahelasse?

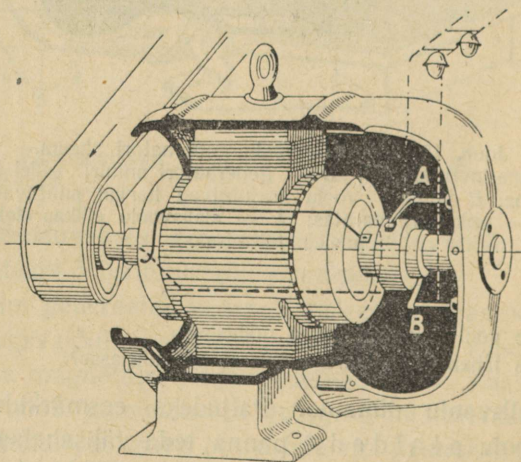
81. Alalisvoolu dünamo. Paljudeks eesmärkideks tuleb vahelduvvoolu *a l a l d a d a*, panna teda välisahelas voolama ühes suunas. Voolu alaldamine toimub kollektori abil, mis koosneb kahest nii teineteisest kui ka teljest isoleeritud vask-

poolrõngast (joon. 130). Surugu hari *A* (joon. 130) vastu musta poolrõngast, millesse antud momendil tuleb vool, hari *B* aga surugu vastu valget poolrõngast, millest lahku



Joon. 130. Kollektori tegevuse skeem.

vool. Välisvooluringis läheb vool harjast *A* harjasse *B*. Mähises läheb vool valgest poolrõngast mustasse. Kui pool pöörab end 180° võrra, muutub mähises voolu suund: valgesse



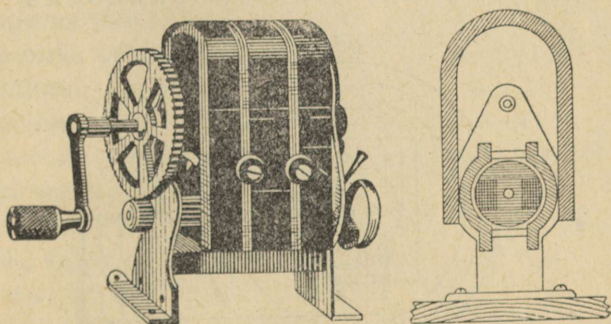
Joon. 131. Alalisvoolu dünamo skeem.
A ja B — harjad, mis puutuvad kollektori poolrõngasid.

poolrõngasse tuleb vool, aga mustast lahkub. Selles asendis surub vastu valget poolrõngast hari *A*, vastu musta aga hari *B* ja välisvooluringis läheb vool endises suunas — *A*-st *B*-sse. Nii saadakse alalisvoolu generaator, mida nimetatakse dünamomasinaks või lihtsalt dünamoks (joon. 131).

Küsimusi.

1. Kuidas on ehitatud kollektor vahelduvvoolu muutmiseks alalisvooluks?
2. Milline vool on ankru mähises, kui välisvooluringis on alalisvool?

82. **Generaatori magnetiline väli.** Generaatori magnetilist välja võib tekitada kas elektromagneti või terasmagnetiga.



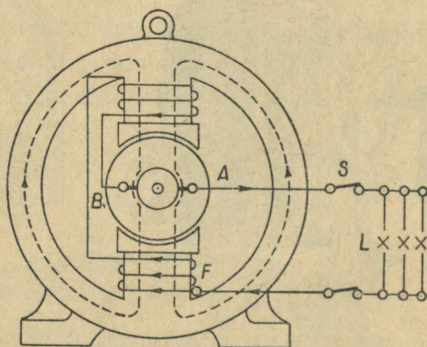
Joon. 132. Magneeto (väline vaade ja läbilõige).

Generaatoreid, kus magnetiline väli on tekitatud terasmagnetitega, nimetatakse magneetodeks. Neil on väike võimsus ja neid kasutatakse plahvatusmootoreis sädemete tekitamiseks ja telefoni lühiliinidel signaliseerimiseks (joon. 132).

Suure võimsusega dünamomasinate magnetiline väli tekitatakse elektromagnetitega. Kust aga saab elektromagnet magnetiseerimiseks voolu? Alalisvoolu dünamomasinais toi-

dab elektromagneteid vooluga masin ise. Dünamomasina elektromagnetid, kui neid ei läbi vool, on ikkagi nõrgalt magnetiseeritud. Isegi kõige pehmem raud hoiab alal jääkmagnetismi, kui teda kordki on magnetiseeritud. Sellest nõrgast magnetilisest olekust on küllalt selleks, et ankru mähisest selle pöörlemisel läheks läbi nõrk vool. Lasknud selle nõrga voolu elektromagneti mähisesse, saavutame tugevama magnetiseerituse; see omakorda kutsub esile tugevama voolu ankrus jne., kuni masin annab maksimaalse voolu.

Joonisel 133 on kujutatud üks dünamomasina ühendusskeeme. Vool läheb harjast *A* välisahelasse, sealt elektromagneti mähise ja teise harja kaudu ankrumähisesse. Sellist ühendust nimetatakse järjestikku-ühenduseks.



Joon. 133. Dünamo ühendusskeem.

Vahelduvvoolu generaatoris annab elektromagnetite ergutamiseks voolu eri alalisvoolu-dünamomasin, mis on seatud generaatoriga ühisele võllile.

83. Dünamomasina pööratavus. Alalisvoolu dünamomasin, kui tema ankur pannakse liikuma, kulutades selleks mingit energiat, on elektrienergia allikaks — generaatoriks — ja muudab mehaanilise energia elektrivoolu energiaks.

Vastupidi, kui lasta dünamomasina mähistesse elektrivool, siis dünamo ankur hakkab liikuma ja seda ankru liikumist võib ära kasutada ühe või teise töö sooritamiseks. Seega võib dünamomasinat kasutada kui jõumasinat.

Alalisvoolu dünamomasina omadust muuta mehaanilist energiat elektrienergiaks ja vastupidi — elektrienergiat mehaaniliseks energiaks, nimetatakse pööratavuseks.

84. Elektrienergia edasiandmine. Vool, läbides juhet, soojendab seda. Soojusehulk, mida eritab vool igas sekundis, sõltub juhtme takistusest ja voolu tugevusest juhtmes.

Joule-Lenzi seaduse järgi on voolu poolt eritatud soojusehulk võrdne $Q = 0,24 RI^2t$, kus R on juhtme takistus, I — voolu tugevus juhtmes ja t — aeg. Et elektrienergia edasiandmine oleks tehniliselt kasulik, on vaja juhtmete soojendamiseks mineva voolu kadu vähendada.

Joule-Lenzi valem näitab teed kadude vähendamiseks.

Üks tee on — vähendada liini R takistust, mida võib teha, kui võtta suure ristlõikega juhtmed.

Teine tee — vähendada edasiantava voolu tugevust I , kusjuures, vähendades voolu tugevust ainult 10 korda, vähendame kadu 100 korda.

Vaatleme neid teid.

Elektrijaam, mis asetseb energia tarvitamise kohast 130 km kaugusel, annab edasi voolu võimsusega 33 000 kW. Milline peab olema juhe selle energia edasiandmiseks 110-voldise pinge juures?

Et saata edasi 33 000 kW võimsust 110-voldise pinge juures, peab juhtmes voolu tugevus olema:

$$\frac{33\,000 \cdot 1000}{110} = 300\,000 \text{ A.}$$

Kui juhtme ristlõige on 1000 mm², siis selle ristlõike juures on lubatud koormatus ainult 1 250 A.

Juhet ristlõikega 1000 mm^2 võib valmistada 10 cm laiuse ja 1 cm paksuse vask-latina. Üks meeter sellist latti kaalub umbes 8,8 kg. 300 000-amprise voolu jaoks tuleks koostada juhe 240 sellisest paralleelsest vasklatist — 2400 cm^2 ristlõikega vasklatist. Selle lati paksus võib 60 cm laiuse juures olla 40 cm.

Kahejuhtmelise ahela ehitamiseks on vaja 260 km sellist latti, üldise kaaluga üle 500 000 t puhast vaske.

On selge, et sel viisil energia edasiandmine on praktiliselt võimatu. Antud ülesandele tuleb otsida teist lahendust: on vaja leida viis, kuidas edasiantavat võimsust vähendamata, vähendada edasiande-ahelas voolu tugevust.

Ühte ja sama võimsust võib saada mitmesuguste voolu tugevuste ja pingetega. Oletame, et antud eesmärgiks on vajalik võimsus 100 W. Seda võimsust võib anda 10-amprine vool 10-voldise pingega, või 5-amprine vool 20-voldise pingega, või 1-amprine vool 100-voldise pingega jne.

Lühidalt, kui vool pingega U annab samasuguse võimsuse, kui vool I_1 pingega U_1 , siis nende suuruste vahel peab olema järgmine sõltuvus:

$$UI = U_1 I_1 \text{ või } \frac{I}{I_1} = \frac{U_1}{U}$$

Teisiti öeldes:

kui on vaja vähendada voolu tugevust, jättes muutmata võimsuse, siis on tarvis tõsta pinget.

Nii toimitakse energia edasiandmisel.

NSV Liidus antakse voolu edasi suurtele kaugustele pingega 115 000 V ja üle selle; voolu edasiandmisel lähema vahe-
maa peale kasutatakse 6000-voldist voolu.

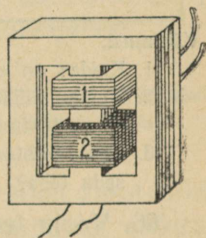
Ühe nõukogude elektrijaama energia antakse edasi pingega 115 000 V; võimsus 33 000 kW; edasiandeahela vool on

ligi 280 A ja seda voolu võib anda edasi 120 mm² ristlõikega juhet mööda. Sellest jaamast läheb kuni tarvitajani 2 edasiandeliini, kusjuures igas liinis on 95 mm² ristlõikega juhtmed. Iga sellise liini takistus on ligi 50 Ω.

280 A voolu edasiandmisel juhet mööda takistusega 50 Ω läheb võimsusest kaduma $W = RI^2 = 50 \times 280^2 = 3920$ kW, mis moodustab ligi 12% edasiantavast võimsusest. 12% kadu pole liiga suur ja seda peetakse tehniliselt täiesti lubatuks. Võttes jämedamad juhtmed, võib edasiantava võimsuse kadu vähendada, ent juhtmete ristlõike suurendamine tõstab tunduvalt liini enda maksumust.

85. Transformaator. Riistu, mille abil mingi pingega vahelduvvool muudetakse teistsuguse pingega vahelduvvooluks, nimetatakse **t r a n s f o r m a a t o r e i k s**.

Tehniline transformaator (joon. 134) koosneb suletud raudsüdamikust, millele on paigutatud 2 isoleeritud traadist pooli. (1 ja 2) erinevate keerdude arvuga. Vahelduvvool, minnes läbi pooli 1, magneedib kogu aja vahelduvalt südamikku, mille tagajärjel poolis 2 tekib vahelduv pinge.



Joon. 134.
Transformaator.

Mitu korda on transformaatori pooli 2 keerdude arv suurem pooli 1 keerdude arvust, nii mitu korda on pooli 2 klemmide pinge kõrgem pooli 1 klemmide pingest.

Transformaatori abil on võimalik pinget mitte üksnes tõsta, vaid ka alandada, milleks kõrgema pingega vool on vaja tuua suurema keerdude arvuga pooli klemmidesse; väiksema keerdude arvuga pooli klemmides saame sel juhul alandatud pingega voolu.

Tehnikas kasutatakse transformaatoreid nii pinge alanda-

miseks kui ka tõstmiseks, kusjuures on kindlaks tehtud, et kadude puudumisel voolu võimsus, mis saadakse transformaatori sekundaarsest poolist, on võrdne voolu võimsusega, mis saadetakse primaarsesse pooli. See tähendab: kui me transformaatori abil pinget tõstame, siis me vähendame sama palju korda voolu tugevust.

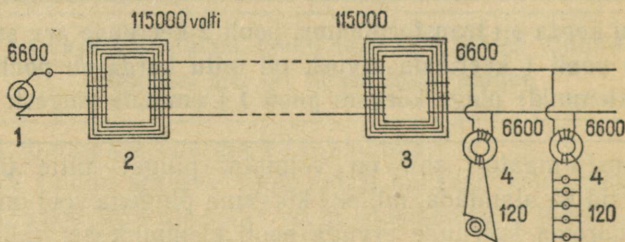
Sõna *transformaator* tähendab eesti keeles ümberkujundaja.

Tranformaatorit kasutatakse selleks, et muuta pinget ja voolu tugevust, jättes muutmata võimsuse.

Küsimusi.

1. Kuidas on ehitatud transformaator?
2. Kuidas lüüda sisse transformaator, kui teda soovitakse kasutada pinget tõstmiseks?
3. Kas transformaatori abil on võimalik pinget alandada ja kuidas seda teha?

86. Voolu tee jaamast tarbijani. Elektrijaamas generaatorite poolt toodetud vool läheb juhtmeid mööda erilistele jämedaile vasklattidele, mis on kinnitatud portselanist isolaatoritele; neid latte nimetatakse kogumislattideks. Need koguvad voolu kõigist generaatoreist (joon. 135), mis jaamas



Joon. 135. Kõrgepingeliini skeem voolu andmiseks kauge maa taha.
 1 — generaator; 2 — pinget tõstmise transformaator elektrijaamas;
 3 — madaldav transformaator energia tarbimiskeskuses; 4 — madaldavad transformaatorid voolutarvitajate juures.

olemas, ja annavad selle transformaatorile 2, milles tõstetakse pinget. Kuna harilikult vool läheb transformaatorisse 6600 V pingega, lahkub aga 115 000 V pingega, siis on enesestki mõistetav, et sisse- ja väljaviivad juhtmed on hoolikalt isoleeritud. Transformaatorist läheb vool paljaid õhujuhtmeid mööda, mis on kinnitatud kõrgete postide külge hoolikalt valmistatud portselanisolaatorite abil. Tarbimiskeskuses läheb vool madal d a v a s s e a l l j a a m a, kus on seatud üles transformaatorid 3, mis alandavad pinget kuni 6600 V. Edasi, rajooni transformaatoris 4 alandatakse vool kuni 120 või kuni 220 V. See vool läheb toitejuhtmeisse, mille kõrvaljuhtmed lähevad tarbijate voolumõõtjaisse.

Küsimusi.

1. Miks voolu andmisel kauge maa taha isegi madaldavast alljaamast kuni rajooni alljaamani kasutatakse kõrgendatud pingega voolu?
2. Joonestage energiaandmise skeem elektrijaamast tarbijani.

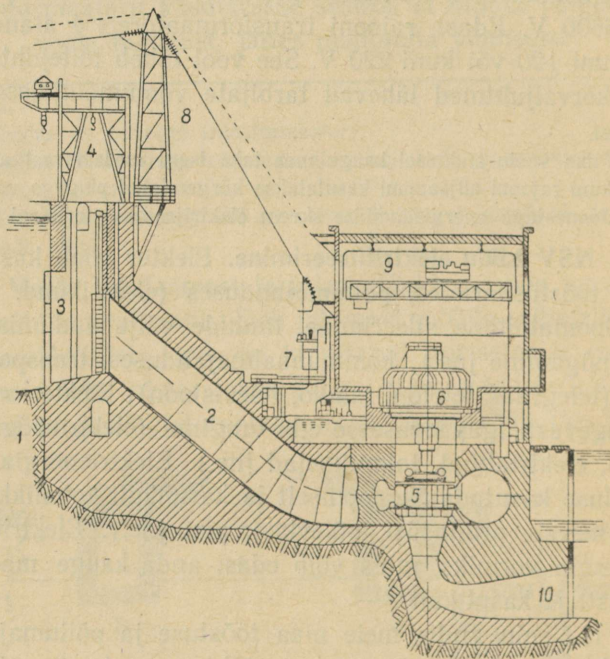
87. NSV Liidu elektrifitseerimine. Elekter leiab kasutamist kõigis tööstusharudes, põllumajanduses (elektrikünd, elektrilüps, loomatoitude sileerimine, lindude väljahaudumine, loomade pügamine jne.), kommunaalmajanduses, transpordis ja sides (telegraaf, telefon, raadio, televisioon). Elekter on hakanud tugevasti igapäevasesse ellu tungima (elektriköögid, valgustus, elektriahjud, tolmuimejad jne.). Elektrienergia annab võimaluse kasutada ökonoomselt ja kasulikult kohalikke kütuseid (turvas, pruunsüsi, põlevkivi, puu jne.). Elektrienergia on energia vormiks, mida võib edasi anda kauge maa taha hõlpsasti ja kasulikult.

V. I. Lenin andis meie maa tööstuse ja põllumajanduse elektrifitseerimisele väga suure tähtsuse. Lenin ütles, et «kommunism on nõukogude võim pluss kogu maa elektrifitseerimine».

1920. a. loodi elektrifitseerimisplaani väljatöötamiseks spetsiaalkomisjon, lühendatult ГОЭЛРО (Государственная

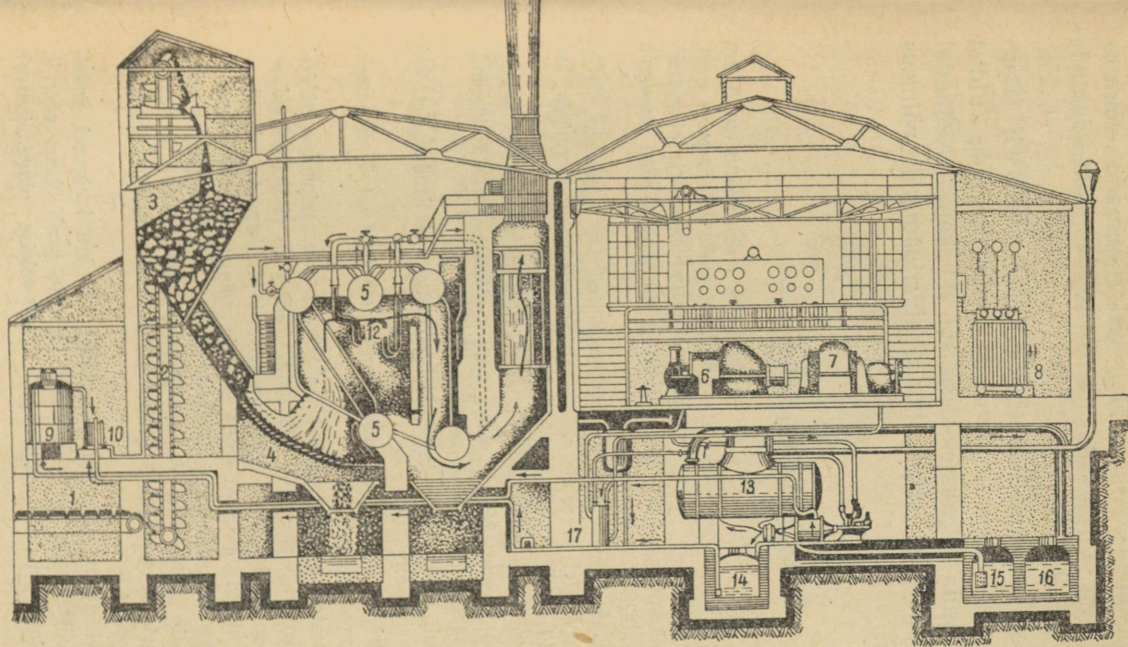
комиссия по электрификации России — Venemaa Elektri-
fitseerimise Riiklik Komisjon).

ГОЭЛРО plaani järgi kavatseti ehitada 10—15 a. jooksul
30 rajooni elektrijaama üldise võimsusega 1,5 milj. kW. Lenin
ei elanud üle oma ideede täielikku kehtestumist meie maa
elektrifitseerimisel. Kuid Lenini töö suure jätkaja, meie partei
juhi seltsimees Stalini juhtimisel on NSV Liidu elektrifitseerimis-
plaan mitte ainult teostatud, vaid ka ületatud. Juba



Joon. 136. Hüdrolektrijaam.

1 — tamm; 2 — juurdevoolutoru; 3 — vesivärv, mis suleb vee pääsu
juurdevoolutorusse; 4 — vesivärvate tõstekraana; 5 — turbiin; 6 — vahel-
duvvoolu generaator, mis on ühendatud turbiiniga; 7 — pinget tõstvad
transformaatorid; 8 — elektri edasiandepostid; 9 — sildkraanad masinate
paigalepanemiseks; 10 — äravoolutoru.



Joon. 137. Soojusjõu-elektrijaama skeem.

1 — kütuse edasiandmine jaama; 2 — elevaator kütuse tõstmiseks; 3 — punker; 4 — küttekolle;
 5 — veetorukatel; 6 — auruturbiin; 7 — generaator; 8 — pinget tõstev transformaatore; 9 — veepuhastaja;
 10 — veekoguaja; 11 — ekonomaisere vee eelsoojendamiseks heitgaasidega; 12 — auru-ülekuumuti;
 13 — aurukondensaator; 14 — kast kondensatsiooni-vee jaoks; 15 — vesi kondensaatori jahutamiseks;
 16 — soojavee äravool; 17 — õlijahutaja.

1932. a. moodustas rajoonide elektrijaamade võimsus 2866 tuh. kW. Teise viisaastaku jooksul kasvas elektrijaamade võimsus 8116 tuh. kW-ni.

Üleliidulise Kommunistliku (bolševike) Partei XVIII kongressil võeti vastu otsus suurendada elektrijaamade üldist võimsust kolmanda viisaastaku jooksul 2,1 korda. Neljandal viisaastakul suureneb üksi hüdroelektrijaamade võimsus 7 milj. kW-ni.

Ülesandeid VIII peatüki juurde.

1. Arvutada voolu võimsuse kadu vasktraadis, mille pikkus on 5 km ja ristlõige 100 mm² ja mida mööda läheb mootori jaoks 100-amprine vool.

2. Mitu keerdu peab olema madaldava transformaatore sekundaarmähises, kui primaarmähises on 1200 keerdu ja kui pinget peab alandama 120 voldilt 4 voldile?

3. Transformaatore primaarmähis, mis on lülitud 110-voldisesse võrku, omab 550 keerdu. Millist keerdude arvu peab omama sekundaarmähis, kui on vaja saada 440 volti?

4. Transformaatore poolidel on: primaarpoolil — 1200 keerdu, sekundaarpoolil — 6000 keerdu. Millise pinge saame sekundaarmähise klemmides, kui primaarmähise klemmides on 80 volti?

5. Milline peab olema pinge 1000 kW võimsuse edasiandmiseks, kui voolu tugevus on 100 amprit?

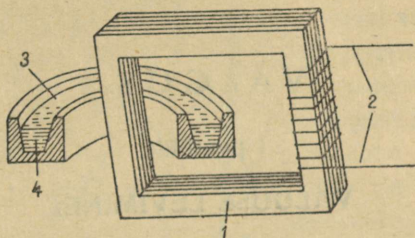
6. Miks elektrienergia edasiandmisel kauge maa taha on ökonoomsem kasutada kõrgepinge voolu?

7. Transformaatore primaarmähisel on 500 keerdu, sekundaarmähisel aga 5000. Primaarmähise pinge on 220 volti. Milline on pinge sekundaarmähises? Milline on voolutugevus transformaatore primaar- ja sekundaarmähises, kui liini mööda antakse edasi energia võimsusega 11 kilovatti?

8. Kui eelmises ülesandes liini üksikuis osades on vaja pinget alandada 110 voldini, siis milline peab olema transformaatore primaar- ja sekundaarmähise keerdude arvude suhe? Millest oleneb voolutugevus transformaatore sekundaarmähises?

9. Rajooni elektrijaam, mis asub Moskvast 130 km kaugusel, annab Moskvale voolu võimsusega 48 000 kilovatti. Milline peab olema energia edasiandmisel voolutugevus 110-voldise ja 115 000-voldise pinge juures?

10. Joonisel 138 on kujutatud induktsoonelektri-sulatusahju skeem, mis kujutab enesest transformaatorit, kus primaarmähis 2 koosneb paljudest juhtme keerdudest. Sekundaarmähise asemel on transformatori I südamikule pandud rõngastiigel 3 metalliga 4. Voolu laskmisel primaar-



Joon. 138.

pooli tõuseb voolutugevus, mis saadakse tiiglis, sellise kõrguseni, et soojus, mida tekitab vool, sulatab metalli.

1) Arvutada, millise soojuse hulga saab metall igas sekundis, kui primaarmähisesse juhitakse vool võimsusega 100 kilovatti ja kui kogu seadise kasutegur on 80%.

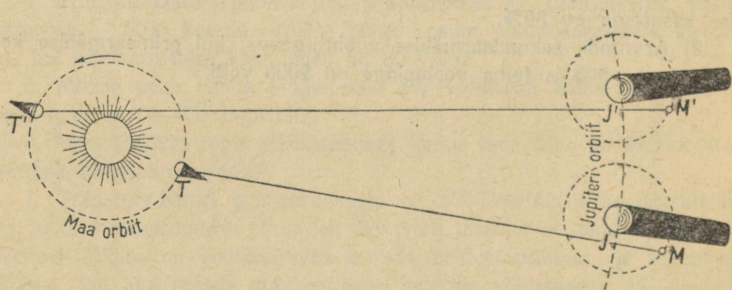
2) Arvutada sekundaarmähise voolutugevus, kui primaarmähise keerdude arv on 500 ja tema voolupinge on 2000 volti.

VALGUS.

I peatükk.

VALGUSE LEVIMINE.

88. **Valguse kiirus.** Esimeseks asjaoluks, mis tekitas mõtte elektromagnetiliste võnkumiste ja valguse sarnasusest, oli nende levimise kiiruse võrdsus. Valguse kiirus määrati kindlaks veel kaua enne seda, kui õpiti tundma elektrilisi võnkumisi.



Joon. 139. Kauguse muutumine Maa ja Jupiteri vahel Maa pöörlemisel ümber Päikese.

Oli aeg, millal arvati, et valgus levib silmapilkselt. Alles XVII sajandi lõpul taani astronoom Römer leidis valguse kiiruse kindlaksmääramise viisi.

Planeedil Jupiter, mis asub Päikesest enam kui viis korda kaugemal kui Maa, on kaaslasi. Need kaaslased tiirlevad ümber Jupiteri korrapäraselt vahelduvate ajavahemike jooksul (joon. 139). Võib välja arvutada, millal kaaslane läheb Jupiteri varju ja lakkab olemast nähtav (toimub kaaslase varjutus). Hoolikamal vaatlusel ilmnes, et need vahemikud pikenesid, kui Maa, käies ümber Päikese, kauges Jupiterist, ja lühenesid, kui Maa lähenes Jupiterile. Tundes täpselt Jupiteri kaaslaste pöörlemise perioode, nende kaugust Maast, ja määrates kindlaks Jupiteri kaaslaste varjutuse hilinemisi või ennetamisi, võib arvutada välja aja, mis on vajalik selleks, et valgus käiks ära selle lisatee, mille võrra Maa eemaldus Jupiterist või lähenes temale. Ilmnes, et selleks, et valgus võiks ära käia kauguse, mis on võrdne Maa orbiidi diameetriga, s. o. 300 milj. km, on nõutav 1000 sek.

Järelikult:

valguse kiirus on 300 000 km/sek.

Valgus võib käia ümber Maa umbes 8 korda sekundis, seepärast siisugustes kaugustes, mida me Maa peal võime haarata pilguga, levib valgus momentaanselt. Ent me näeme mitte ainult maapealseid esemeid.

Tähed, mis on samasugused hõõguvad kehad nagu Päike, on meist niivõrd kaugel, et valgus lähima tähe juurest tuleb meieni ligi $4\frac{1}{3}$ aastat, teiste tähtede juurest aga tuleb valgus meieni kümneid, sadu ja tuhandeid aastaid. Tähtedevahelised kaugused on nii suured, et astronoomid kasutavad eri kaugusühikut, mida nimetatakse valgusaastaks. **Valgusaasta — see on selline kaugus, mille valgus läbib ühe aastaga.**

Peab tähendama, et mitte igas keskkonnas pole valguse kiirus 300 000 km/sek.

300 000 km/sek — see on valguse kiirus maailma eetris

See on suurim kiirus. Valguse kiirus õhus erineb sellest kiirusest väga vähe.

Vees on valguse kiirus ligikaudu $\frac{3}{4}$ valguse kiirusest õhus. Klaasis on valguse kiirus tunduvalt väiksem kui valguse kiirus õhus.

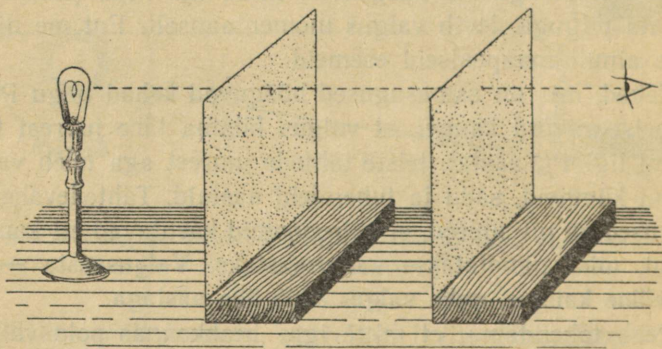
Mida väiksem on valguse levimiskiirus keskkonnas, seda optiliselt tihedamaks nimetatakse keskkonda.

Küsimusi.

1. Kuidas tehti kindlaks valguse kiirus esimest korda?
2. Millele võrdub valguse kiirus eetris? Võrrelge valguse kiirust Maa peal teile tuntud suurimate kiirustega?
3. Kas kõikjal, kus levib valgus, on ta kiirus ühesugune?

89. **Valguse sirgjooneline levimine.** Vaatleme, kuidas levib valgus.

1. katse. Võtame üsna heleda valgusallika (elektri- või petrooleumilambi) ja katame lambi kastiga, milles on väike ava. Avaülest tulevate kiirte tee laseme suitsu. Me näeme selgesti, et suitsu valgustavate kiirte tee on sirgjooneline. Sama täheldame, kui päikese valguskiired tungivad läbi alla-

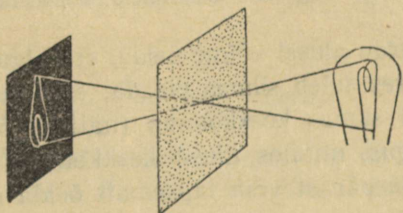


Joon. 140. Valguse sirgjooneline levimine.

lastud kardinate augukeste ja valgustavad oma teel toa õhus leiduvaid tolmukübemeid.

2. katse. Võtame kaks läbitorgatud augukestega kartongi ja asetame need teineteisele paralleelselt silma ja mingi hästi valgustatud eseme, näiteks akna või lambi vahele. Me näeme eset läbi kahe ava ainult siis, kui silm, mõlemad avad ja ese asetsevad ühel sirgel (joon. 140).

3. katse. Asetame väikese avaga kartongi lambi lähedale, selle taha aga teatud kaugusele paberilehe või kartongi;



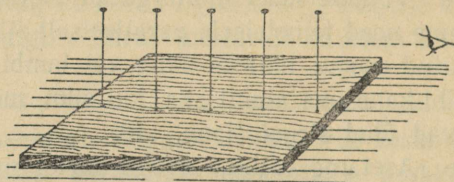
Joon. 141. Kujutise saamine väikese ava abil.

saame ekraanil mitte lihtsa valguse laigu, vaid valgustatud eseme kujutise (joon. 141). Kuidas seda seletada? Vaatleme valguse kiirte käiku eseme kõigist punktidest. Igast valgustatud punktist saadakse oma täpik, ja kõik täpikesed asetsevad nii, et annavad eseme kujutise. Pole raske näha, et kujutis on vastupidine. Kui avaus on küllalt suur, siis ühtede punktide täpid katavad teisi ja ähmastavad kogu kujutise. Mida väiksem on ava, seda selgem on kujutis, kuid see-eest kahvatum, sest läbi väiksema ava läheb vähem valgust.

4. katse. Asetame kartongi lauale ja torkame sellesse üksteise järel teatud kaugusele nõõpnõelad nii, et asetades silma esimese nõõpnõela ette, näeksime, et ülejäänud nõõpnõelad kattuvad esimesega (joon. 142).

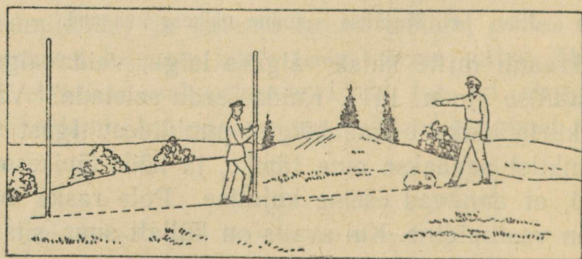
Asetanud joonlaua tähendatud nõõpnõeltele, veendume, et kõik nad asetsevad ühel sirgel. Samal viisil tähistatakse sirg-

jooni maapinnal maamõõdu-tööde juures (joon. 143), aseta-
des järjest üksteist varjavaid latte.



Joon. 142. Sirgjoone tähistamine nõõpnõelte abil.

Kõige vaadeldu alusel võime öelda, et **valgus levib sirgjooneliselt**. Seejuures tuleb silmas pidada, et antud juhul kulgeb valgus ühes ja samas keskkonnas (näiteks õhus). Edaspidi näeme, et valgus, minnes ühest keskkonnast teise, muudab oma suunda. Seepärast võib täpsemalt öelda nii:



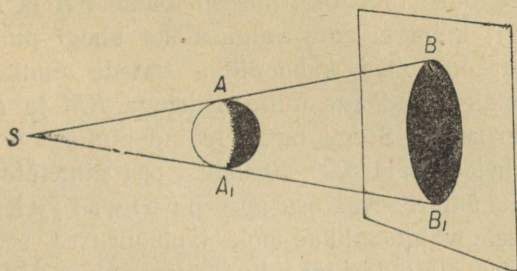
Joon. 143. Sirgjoone tähistamine.

ühtlases keskkonnas levib valgus sirgjooneliselt.

Küsimusi.

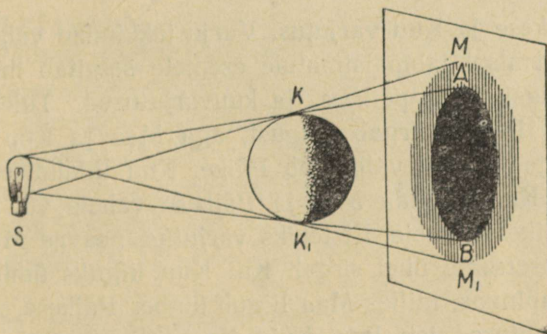
1. Kuidas levib valgus ühtlases keskkonnas?
2. Millel põhjeneb sirgjoonte tähistamise viis maapinnal?
3. Suvel võib näha tee peal tiheda lehestikuga puu all heledaid laike. Millest nad tekivad ja mida nad enesest kujutavad?

90. **Vari ja poolvari.** Kui taskulambist tulevate valguskiirte teele asetada läbipaistmatu kera või ketas (joon. 144), selle taha aga valge kartongileht (ekraan), siis näeme ekraanil



Joon. 144. Varju tekkimine.

teravalt piiritletud ümmargust varju. Kui ühe lambi asemel asetada kõrvuti kaks või kui võtta üks harilik elektrilamp (joon. 145), siis näivad varju ääred tunduvalt heledamaina.



Joon. 145. Varju ja poolvarju tekkimine.

See on seletatav valguse sirgjoonelise levimisega. Kui valgusallikas on väga väike, s. o. kui ta kujutab enesest pea-aegu helendavat täppi, siis, nagu näitab joonis 144, piiritle-

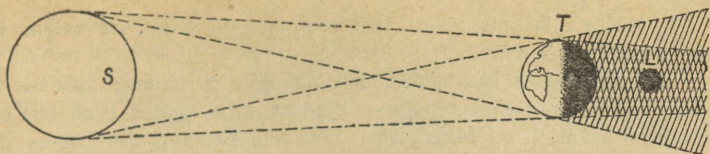
vad sirged AB ja A_1B_1 valgust varjust järsult. Kui aga valgusallikas ise võtab enda alla teatud ruumi, siis lähtuvad kiired igast tema punktist, ja varjul võib täheldada ainult teatud kesket tumedamat osa, mis on joonte KA ja K_1B_1 vahel (joon. 145), kuhu ei satu valgusallika ühegi punkti kiired. Selle ümber on kohad, kuhu allika ühtede punktide kiired satuvad, teiste omad aga mitte. Kiirtega KM ja K_1M_1 piiritletakse varju ala. Seega omab teatud pinnaga valgusallika vari alati heledamaid ääri. Keskmist osa nimetatakse varjuks, teda ümbritsevat osa aga poolvarjuks.

Kõik meie valgusallikad pole täpisuurused, seepärast on varju piirides alati järkjärguline üleminek varjust ekraani valgustatud osani.

Küsimusi.

1. Kas saadakse ühesuguste piirjoontega varjud pliatsist, mida hoitakse hõõglambi niidiga kord paralleelselt, teinekord risti?
2. Mis alusel võime võrrelda esemete kõrgusi varju pikkuse järgi, mis on nende poolt heidetud Päikese valguses?

91. Päikese ja Kuu varjutus. Varju tekkimine valgusallika kiirte langemisel läbipaistmatule esemele selgitab meile selliseid nähtusi nagu päikese- ja kuuvarjutused. Tuleb võtta arvesse, et Päike kiirgab valgust, aga Maa ja Kuu valgust ise ei kiirga ja neid valgustab Päike. Kuu liikumisel ümber Maa võib Kuu sattuda Maa ja Päikese vahele või Maa — Kuu ja Päikese vahele. Et tekiks varjutus, peavad Maa, Kuu ja Päike asetsema ühel sirgel. Kui Kuu liiguks ümber Maa samas tasapinnas, milles Maa liigub ümber Päikese, siis korduksid varjutused iga kuu. Kuid Kuu liikumispind on Maa liikumispinnaga veidi kaldu (5°). Varjutuseks on vaja selline kokkusattumine, et Kuu tuleks nende pindade lõikumisjoonele just noor- või täiskuu momendil. Kuuvarjutuse ajal satub Kuu varju koonusesse, mida heidab Maa (joon. 146), ja kuuvarjutus on nähtav ühteviisi Maa kõigis kohtades. Päikese-



Joon. 146. Kuuvarjutus.

varjutuse ajal satub Kuu poolt heidetud varju koonus Maale. Maa on siis nagu ekraan. Maa neis kohtades, kuhu sattus täisvari, on nähtav Päikese täisvarjutus; poolvarju kohtades kaetakse kinni ainult osa Päikesest ja toimub osaline varjutus, Maa teistes kohtades aga pole üldse mingisugust varjutust näha.

Kuna Maa ja Kuu liikumised on hästi läbi uuritud, siis öeldakse täpselt palju aastaid ette ka varjutuse alguse momendid. Astronoomid kasutavad iga varjutuse saabumist, et kontrollida oma arvutusi ja täpsemalt õppida tundma taevakehade liikumise seadusi. Päikese täisvarjutus pakub haruldast juhust vaadelda Päikese välisosi, mis harilikult pole nähtavad Päikese pinna silmipimestava sära tõttu.

Päikesevarjutused ajasid hirmu peale ebausklikele ja harimatule inimestele, vaimulikkond aga kasutas seda oma huvides, spekulierides rahva pimedusega. Varjutuste tõeliste põhjuste tundmine nagu teistegi loodusnähtuste tundmine ja oskus neid seletada annavad meile kätte parima relva võitluses ebausuga.

Küsimusi.

1. Mis on päikese- ja kuuvarjutuse põhjuseks?
2. Mispärast ei nähta Päikese ja Kuu varjutust igal kuul?

Ülesandeid I peatüki juurde.

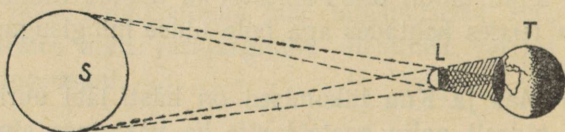
1. Valguse kiirus määrati kindlaks 1675. a. taani astronoomi Römeri poolt Jupiteri kaaslaste vaatluste põhjal. Sel ajal, kui Maa eemaldus Jupiterist 40 800 000 km, hilines kaaslase varjutus 2 minuti ja 16 sekundi võrra. Määrata valguse kiirus.

2. Määrata kaugus Maast Päikeseni, kui on teada, et valgus läbib selle vahemaa $8\frac{1}{3}$ minutiga.

3. Astronoomias kasutatakse ühikuna Maa ja tähtede vahelise kauguse mõõtmiseks «valgusaastat» — kaugust, mille valgus läbib ühe aasta jooksul. Kui kaugel on Maast lähim täht Alfa Centauri, kui valgus jõuab temalt Maani $4\frac{1}{2}$ aasta jooksul?

4. Kuu on maast keskmiselt 380 000 km kaugusel, Päike — 150 000 000 km kaugusel. Kui kaua tuleb valgus Kuult ja Päikeselt Maani?

5. Vertikaalselt paigutatud 1,5 m kõrgune kepp heidab enesest 2 m pikkuse varju. Vabriku korsten heidab enesest samal ajal 50 m varju. Kui kõrge on vabriku korsten?



Joon. 147.

6. Kui kõrgel on Päike, kui eseme varju pikkus on võrdne eseme kõrgusega?

7. Määrata varju koonuse pikkus, mille heidab enesest Kuu noorkuu ajal, millal Kuu ja Päikese keskkoha kaugus võrdub ligikaudu 150 000 000 km. Kuu ja Päikese diameetrite suhe on ligikaudu 1 : 400.

8. Kui suur on varju koonuse pikkus, mille tekitab Päikesest valgustatud maakera? Maa raadius $R_1 = 6370$ km. Päikese raadius on $R_2 = 110$ Maa raadiusega. Maa tsentrumi kaugus Päikese tsentrumist moodustab ligi 23 900 Maa raadiust.

9. Läbi luugi väikese ava langevad kiired esemelt, mis asub 40 m kaugusel. Vastasseinas, mis on luugist 7,5 m kaugusel, tekib eseme kujutis. Kujutise suurus on 0,75 m. Määrata eseme suurus.

II peatükk.

VALGUSE TUGEVSUS JA SELLE MÕÖTMINE.

92. Valguse tugevus ja pinnavalgustuse tugevus. Kui tahetakse võrrelda kahte valgusallikat ühe ja sama aja jooksul väljakiiratud valgusenergia hulga järgi, siis öeldakse, et üks omab suuremat valguse tugevust kui teine või et valguse tugevused on võrdsed.

Valguse tugevus on valgusenergia hulk, mis voogab valgusallikast ajaühiku jooksul.

Et otsustada valguse tugevuse üle, on vaja seda mõõta ja järelikult määrata kindlaks mõõduühik.

Varemalt oli valguse ühikuks teatud suurusega küünal, teatud materjalist ja teatud tahiga. Siis hakati valmistama erilisi lampe spetsiaalse põletisvedelikuga.

Käesoleval ajal, millal on laialt levinud elektrivalgustus, on loomulik võtta valgustugevuse ühikuna teatud nõudeile vastav elektrilamp. Nii toimiski valgustusala rahvusvaheline komisjon, kes määras kindlaks valguse tugevuse rahvusvahelise ühiku, mida nimetatakse rahvusvaheliseks küünalaks. Kuigi sõna küünal on siin alale jäänud, võetakse valgusallikana elektrilamp.

Rahvusvaheline küünal, kui valguse tugevuse ühik, võeti meil NSV Liidus tarvitusele 1925. a. ja on muudetud üleliiduliseks standardiks.

Valguse tugevuse ühikuks on rahvusvaheline küünal.

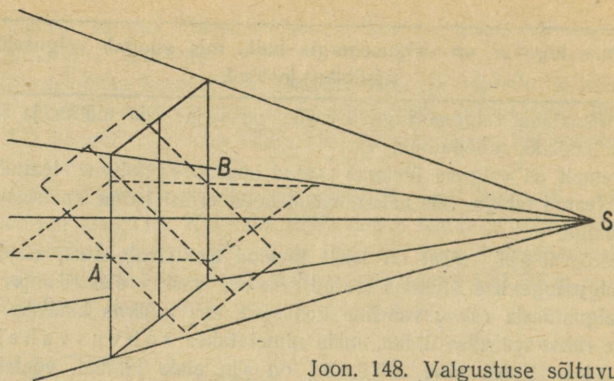
Kõigi toodetavate lampide ja üldse valgusallikate valgustugevus määratakse kindlaks Metroloogia ja Standardiseerimise Instituudis alalhoitavate näidistega (etaloonidega) võrdlemise teel. Kui meil on 25-küünlane lamp, siis tähendab see, et ta helkimise normaaltingimuste juures (selle elektripingi juures, milleks ta on määratud, näiteks 120 V) kiirgab 25 korda rohkem valgusenergiat kui ühe rahvusvahelise küünlane musterlamp sama aja jooksul.

Kui ühes ja samas toas süütame lambid erineva valgustugevusega (näiteks 25-küünlase ja 50-küünlase või steariinküünla ja petrooleumlambi), siis tuba ja kõik selles asetsevad esemed on valgustatud mitmel viisil; üldine valgustus on suurem tugevama valgusallika juures. Kuid ka ühe ja sama valgusallika juures märkame erinevust mitmesuguste esemete pinna valgustuses: mida kaugemal on ese valgusallikast, seda nõrgemini on ta valgustatud, ja esemeil, mis on ühesuguses kauguses, on mitmesugused küljed valgustatud erinevalt.

Esemete valgustus sõltub sellest, kui suure hulga valguse energiat saavad esemete valgustatud pinna ühikud iga ajaühiku jooksul.

Kuidas levib valgusenergia, mida kiirgab valgusallikas?

Me teame, et valgus tuleb allikast, levides igas suunas. Sooritame järgmise katse.



Joon. 148. Valgustuse sõltuvus
kiirte kallakust.

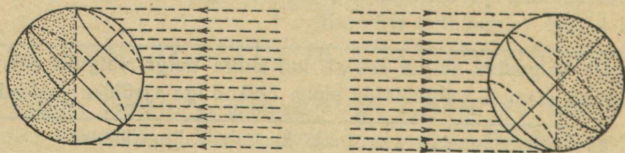
Võtame elektritaskulambi ja nelinurkse tiheda valge paberilehe või kartongi. Asetame kartongi pimendatud ruumis näiteks poolteise meetri kaugusele lambist, risti tema kiirtega (joon. 148).

Hoides lehte vastas-äärtest punktides A ja B (joon. 148), pöörame teda. Me näeme, et lehe valgustuse tugevus hakkab nõrgenema sel määral, mil määral väheneb nurk valguskiire keskmise suuna ja lehe tasapinna vahel.

Ei ole raske seletada seda pinnavalgustuse muutumist, kui pöörata tähelepanu sellele, et üks ja sama valguskiirtekimp satub kõigil neil juhtudel erinevas suuruses kartongi pinnale. Suurima hulga energiat 1 cm^2 pinnale saab kartong siis, kui ta pind on risti keskmise kiirtega.

Selle kiirgusenergia hulga muutumisega, mis langeb pinnaühikule sõltuvalt kiirte kallakust, seletatakse Maa aastaaegade vaheldumist ja kliimatiliste vööndite jaotumist. Seda selgitab joonis 149.

Hakkame lehte lambist eemaldama. Pinnavalgustuse tugevus hakkab kiiresti vähenema (joon. 150). Asendis I saab kartong kogu kiirtekimbu,



Joon. 149. Aastaaegade vahetus.

mida hõlmab püramiid, mille aluseks on kartongileht ja tipuks valgusallikas. Olgu asend II lambist kaks korda kaugemal kui esimene. Siis kiirtekimp levides haarab kartongi asendis II, mille küljed on kaks korda suuremad endise ruudu külgedest. Järelikult pinnaühikule asendis II langeb valguskiiri nii mitu korda vähem, mitu korda ruut $ABCD$ on väiksem ruudust $A_1B_1C_1D_1$ pindala poolest, ja see on neli korda.

Samal viisil veendume, et asendis III, kolm korda suurema kaugusega, saab pinnaühik valguskiiri üheksa korda vähem.

Üldiselt võime määrata kindlaks järgmise sõltuvuse pinnavalgustuse tugevuse ja valgustatud eseme kauguse vahel valgusallikast.

Pinnavalgustuse tugevus on pöördvõrdeline valgusallika kauguse ruuduga.

Seega sõltub pinnavalgustuse tugevus valgusallika tugevusest, valgustatud pinna ja langevate kiirte vahelisest nurgast ja eseme kaugusest valgusallikast.

Et oleks võimalik võrrelda pinnavalgustuse tugevuse mitmesuguseid järke, selleks on valgustuse tugevuse mõõtmiseks kindlaks määratud ühik.

Pinnavalgustuse tugevuse ühikuna on võetud tarvitusele valguskiirtega risti seisva pinna valgustuse tugevus 1 m kaugusel valgusallikast, mille tugevus on üks rahvusvaheline küünal.

Selle ühiku nimeks on luks.

Et luua teatud kujutlust pinnavalgustuse tugevusest, mida mõõdetakse luksidega, võib tuua järgmisi andmeid: valgustuse tugevus heledal päikesepaistelisel päeval ulatub lahtises kohas kuni 100 000 luksini, langeb pilves ilma puhul kuni 10 000 luksini ja ei ole selgel kuupaistel mitte üle $\frac{1}{4}$ luksi.

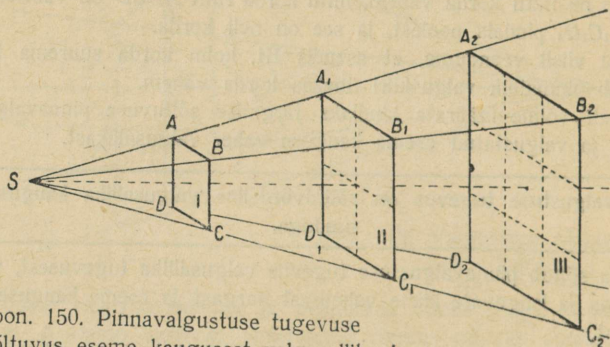
Küsimusi.

1. Mida nimetatakse valgusallika valgustugevuseks?
2. Selgitage, mis vahe on valgustugevuse ja pinnavalgustuse tugevuse vahel.
3. Kuidas nimetatakse valgustugevuse ühikut ja kuidas seda kindlaks määratakse?
4. Mida nimetatakse pinnavalgustuse tugevuse ühikuks ja kuidas seda kindlaks määratakse?

Harjutusi.

1. Kui suur on pinnavalgustuse tugevus 50-küünlasest lambist 2 m kaugusel?

2. Millises kauguses tuleb hoida raamatut risti 25-küünlase lambi kiirtega, et pinnavalgustuse tugevus oleks 100 luksit?
3. 100-küünlane elektrilamp ripub laua kohal 1,5 m kõrgusel. Määrata laua pinnavalgustuse tugevus.



Joon. 150. Pinnavalgustuse tugevuse sõltuvus eseme kaugusest valgusallikani.

93. Valgustuse tähtsus tehnikas ja ühiskondlikus elus. Suure liiklemise juures võib linnades tänavate valgustuse puudulikkus kutsuda esile palju õnnetusjuhtumeid. Nägemise rikked tulenevad enamikul juhtudel mitteküllaldasest ja ebaõigest valgustusest.

Määratut tähtsust omab õige valgustus tööstuses. On kindlaks tehtud, et nõrk valgustus alandab tööproduktiivsust ja kutsub masinail töötamisel sageli esile õnnetusjuhtumeid. Kunstlik valgustus ei suuda küll veel täielikult asendada päikese valgust, kuid ikkagi on valgustustehnika elektrivalgustuse kasutusele võtmisega saavutanud väga palju. Päevavalgus elamuis, kooli- ja tööstushoonetes on suurelt osalt nende hoonete ehitusest, asetusest, akende pinnast jne. Meie nõukogude elamute ja tööstushoonete ehitusettevõtted pühendavad sellele küsimusele suurt tähelepanu. Meie tehased, uusehitised ja sotsialistlikud linnad paistavad silma suure valgustuspinna poolest nii akende arvu kui ka nende suuruse järgi.

On olemas väljatöötatud valgustusnormid, mis määravad kindlaks vajaliku valgustugevuse mitmesuguste tööliikide jaoks. Toome meil rakendatud mõningaid tähtsamaid valgustusnorme:

Opperuumide jaoks:

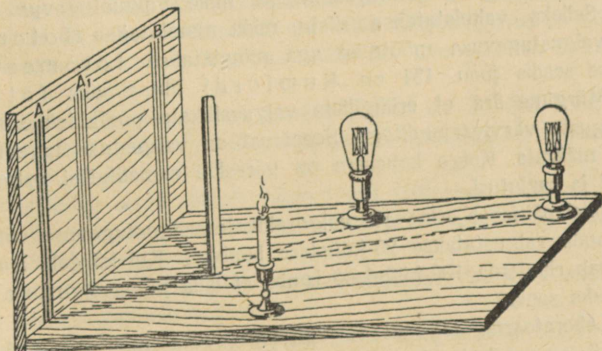
laboratooriumides, töökohtades	50— 75 luksi
joonestamistöödel	75—100 „
puhke- ja võimlemisruumides	20— 30 „
koridorides, riietusruumides	15 „

Vabrikute ja tehaste normid erinevad liikide järgi, olenevalt tingimustest, kuid üldiselt võib neid kokku võtta järgmiselt:

peentööde jaoks	75—120 luksi
keskmiste tööde jaoks	40— 60 „
jämedate tööde jaoks mitte alla	20 „

94. **Kahe valgusallika valgustugevuse võrdlemine.** Teades, kuidas muutub pinnavalgustuse tugevus valgusallika eemaldamisega valgustatavast pinnast, leiame mitmesuguste valgusallikate valgustugevuste võrdlemise viisid.

Katse. Asetame valge ekraani ette temaga paralleelselt läbipaistmatu varva (joon. 151). Varvast mõnevõrra kaugemal ja küljepool asetame kahele poole kaks erineva valgustugevusega valgusallikat, näiteks küünla ja 25-küünlase elektrilambi. Me näeme ekraanil kahte varva varju. Kui mõlemad valgusallikad on ekraanist ühesugusel kaugusel, siis on varjud erinevad. Vari A tekkis lambist, kuid teda valgustab küünal. Vari A



Joon. 151. Kahe valgusallika valgustugevuse võrdlemine Rumfordi fotomeetri abil.

on tunduvalt tumedam kui vari *B*. Jättes küünla paigale, hakkame lampi ekraanist eemaldama; märkame, kuidas vari *B* hakkab järk-järgult tumenema ja lõpuks mõlemad varjud — A_1 ja *B* muutuvad ühtemoodi tumedaks, õigemini — ühtemoodi valgustatuks.

Meie poolt võetud valgusallikate juures — 1 küünal ja 25 küünalt — sünnib see siis, kui lamp eemaldatakse ekraanist 5 korda kaugemale kui küünal.

Tõepoolest, kui me eemaldaksime küünla ekraanist 5 korda kaugemale, siis varju *A* valgustustugevus väheneks 25 korda. Et valgustada varju *A* endiselt, oleks vaja võtta 25 korda tugevam valgusallikas.

Sel kombel võime saavutada kahelt erinevalt valgusallikalt ühesuguse pinnavalgustuse tugevuse, muutes nende kaugust valgustatud esemest. Mõõtes neid kaugusi igaühe jaoks ühesuguse pinnavalgustuse tugevuse korral ja võttes arvesse, et valgusallikaist on see tugevam, mida meil tuli ekraanist kaugemale asetada, me võime arvutada, mitu korda omab üks valgusallikas suuremat valgustugevust kui teine järgmise reegli järgi: kahe valgusallika valgustugevused on võrdelised nende kauguste ruutudega esemest, mida nad valgustasid ühel määral.

Tähistades valgusallikate valgustugevused K_1 ja K_2 -ga ja nende kaugused valgustatud esemest R_1 ja R_2 -ga, saame:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$$

Sel alusel toimub ükskõik millise valgusallika valgustugevuse kindlaksmääramine valgusallika võrdlemisega, mille valgustugevus on meile tuntud. Selleks valmistatakse riistu, mida nimetatakse fotomeetriks, valgustugevuse mõõtmist aga nimetatakse fotomeetriaks¹.

Katse seadis joon. 151 on Rumfordi lihtsaimaks fotomeetriks. Märgime ära, et eriliigiliste valgusallikate poolt tekitatud varjud on erisuguste värvivarjunditega. Seepärast on valgustuse tugevust raske kindlaks määrata. Kõige kohasem on võrrelda samaliigilisi valgusallikaid.

Küsimusi ja harjutusi.

1. Millel põhjeneb erinevate valgusallikate valgustugevuse võrdlemine?
2. Lauda valgustatakse 25-küünlase lambiga. Kui kõrgele laua kohale peab riputama 100-küünlase lambi, et laua pinnavalgustuse tugevus oleks sama?

95. Laboratoorne töö nr. 1. Valgustugevuse määramine fotomeetri abil. Töö eesmärk. Omades tuntud küünalde arvuga hõõglampi, leida teise, tundmatu küünalde arvuga lambi valgustugevus.

¹ Kreekakeelne sõna *fotos* tähendab valgus, *metron* — mõõt.

Vajalikud abinõud: fotomeeter, mõõtjoonlaud, kaks lampi (tuntud ja tundmatu küünalde arvuga).

1. Asetada mõlemad valgusallikad ja fotomeeter nii, et ühte valgusallikaist või fotomeetrit ümber asetades, oleks võimalik muuta pinnavalgustuse tugevust fotomeetril ja teha seda võrdseks mõlema valgusallika poolt.

2. Teinud fotomeetril kindlaks mõlema valgusallika poolt täiesti ühesuguse pinnavalgustuse, mõõta vastavad kaugused.

3. Teha otsitava valgusallika valgustugevuse arvutus, teades mitu küünalt omab antud valgusallikas, järgmise valemi järgi:

$$K_2 = \frac{K_1 R_2^2}{R_1^2}$$

kus K_1 ja K_2 on antud ja otsitava valgusallika valgustugevused, R_1 ja R_2 — nende kaugused fotomeetri valgustatud pinnast.

4. Sooritada katse kolm korda, muutes valgusallikate esialgset kaugust fotomeetrist. Iga katse puhul sooritada samad mõõtmised ja arvutused.

5. Leida kolme arvutuse keskmine.

Olesandeid II peatüki juurde.

1. Kui kaugel peab hoidma raamatut risti 36-küünlase lambi kiirtega, et pinnavalgustuse tugevus oleks 4 luksit?

2. Kui tugevalt valgustab 50-küünlane lamp 2 m kauguselt?

3. Majakale on paigutatud kaarlatern, mille valgustugevus on 2 500 000 küünalt. Määrata valgustuse tugevus, mida see latern annab 5 km kaugusel.

4. Maapinna valgustustugevus suvisel päeval on 100 000 luksit. Määrata kunstliku allika valgustugevus, mis annab samasuguse pinnavalgustustugevuse 100 m kauguselt.

5. 32-küünlased valgusallikad valgustavad ristiseisvate kiirtega kahte pinda, mille kaugused valgusallikast on 4 cm ja 16 cm. Leida nende pindade valgustuse tugevus.

6. Kui kaugel laua kohal peab olema 50-küünlane lamp, et laual tekiks 50-luksiline pinnavalgustuse tugevus?

7. Ekraani ette on asetatud kepike, mida valgustavad kaks elektrilampi ja mis annavad ekraanil kepi ühesuguse tumedusega varjud. Lampide kaugus ekraanist on 20 cm ja 40 cm. Kuidas suhtuvad omavahel valgusallikate valgustugevused?

8. Kaks lampi, 16- ja 32-küünlane, on asetatud ekraanist 4 m kaugusele. Leida pinnavalgustuse tugevus, mida annab kumbki lamp ekraanile.

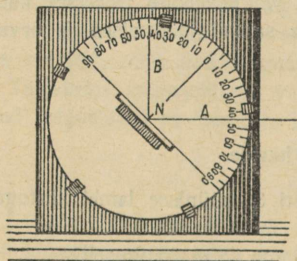
9. Töötamiseks lukksepa-töokojas peetakse normaalseks pinnavalgustuse tugevuseks 50 luksi. Määrata, kas on küllaldane pihtide valgustatus, mida valgustab pihtidest 120 cm kõrgusel olev 32-küünlane lamp.

III peatükk.

VALGUSE PEEGELDUMINE.

96. Valguse peegeldumise seadused. Langedes peeglile või muudele läbipaistmatuile esemetele, valgus peegeldub. Me näeme päikesest valgustatud paberit igast küljest, sest temale langevad kiired viskuvad igale poole. Me võime peeglile lan-

gevaid kiiri sagedasti ka mitte näha, kuna nad pärast peegeldumist lähevad täiesti kindlaks määratud suunas. Et selgitada, kuidas toimub valguse peegeldumine, sooritame katse.



Joon. 152. Valguse peegeldumine tasapeeglist.

Võtame tasapinnalise klaaspeegliks ja kinnitame ta külge ristiseisva osuti ON (joon. 152). Hoides selle peegliks kartongi juures kiirte teel nii, et kiired langeksid peeglile ristjoone aluse

punktis N , pöörame tähelepanu sellele, kuidas peegeldub kiir peeglist.

Võrdleme nurki, mida moodustavad langevad ja peegelduvad kiired ristjoonega.

Langeva kiire ja kiire langemiskohas peeglile püstitatud ristjoonte vahel olevat nurka (ANO) nimetatakse langemisnurgaks. Peegelduva kiire ja sama ristjoone vahel olevat nurka (BNO) nimetatakse peegeldumisnurgaks.

Peab tähendama, et kõik kolm suunda — langeva kiire, peegli ristjoone ja peegelduva kiire oma — asuvad ühel tasapinnal. Sooritades katset mitu korda, veendume, et igal langemisnurga muutumisel, muutub ka peegeldumisnurk. Mõõtes iga kord ühte ja teist nurka, me võime kindlaks teha, et nad on alati teineteisega võrdsed.

Niisiis, valguse peegeldumine toimub järgmiste seaduste järgi:

1. Langevad ja peegeldunud kiired asuvad ühes tasapinnas kiire langemispunktis peeglipinnale püstitatud ristjoonega.

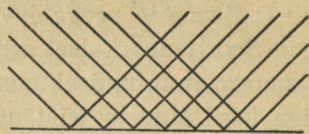
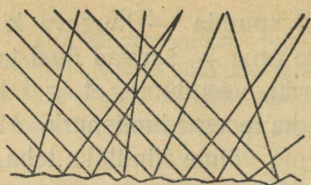
2. Langemisnurk võrdub peegeldumisnurgaga.

Harjutusi.

1. Kuidas peegeldub kiir, mis langeb peeglile risti?
2. Milline peab olema langemisnurk, et peegeldunud kiir moodustaks langeva kiirega täisnurga?
3. Langemisnurk on 60° . Milline on nurk langeva ja peegeldunud kiire vahel? — Langemisnurk on 80° . Kui suur on sel juhul nurk langeva ja peegeldunud kiire vahel?

97. Hajuv peegeldumine. Teades, kuidas toimub kiirte peegeldumine tasapeeglit, võib selgitada, mispärast krobeliselt pinnalt kiired hajuvad igale poole. Krobeline pind oma muhkude ja nõgudega peegeldab kiiri igas võimalikus suunas. Joonisel 153 on ta kujutatud suurendatud kujul. Eriti selgesti on näha, kuidas sellelt pinnalt kiired hajuvad, kui langevad paralleelsed kiired.

Kõik kehad, mis on valgustatud mingist allikast, saavad nähtavaks ainult nende poolt hajutatud valguse tõttu. Kui peegelduv pind on täiesti sile, näiteks hea peegel, siis siin



Joon. 153. Valguse hajumine ja peegeldumine peeglit.
kiired igalt pinna osalt igale poole ei haju ja me näeme mitte peeglit, vaid valgusallikat.

98. **Läbipaistvad ja läbipaistmatud kehad.** Asetanud enda ette hariliku klaasi, näeme selles nende asjade peegeldusi, mis asetsevad klaasi ees, ja samal ajal näeme läbi klaasi asju, mis asetsevad selle taga. See tähendab, et klaas peegeldab osa kiiri, tunduva osa aga laseb läbi. Kehi, mis lasevad kiiri läbi, nimetatakse läbipaistvaiks. Kui me hoiaksime klaasi küünla lähedal, siis veenduksime, et klaas soojeneb. See osutab sellele, et klaas neelab osa temale langevaid kiiri ja muudab need soojuseks. Seega:

**Klaasile langevad kiired osalt peegelduvad, osalt lähevad
klaasist läbi ja osalt neelduvad.**

Pole olemas täiesti läbipaistmatuid kehi; läbipaistmatud kehad lasevad valgust läbi üsna õhukesest kihist. Selles on kerge veenduda, vaadates läbi mitmesuguse paksusega paberi üsna heledat lampi. Mitmesuguste kehade võimet lasta valgust läbi osaliselt kasutatakse selleks, et nende läbi vaadata liiga heledat, silmipimestavat valgust; tumedaid ja värvilisi prille kasutatakse valukodades, autogeensel keevitamisel jm.

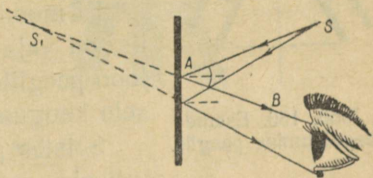
Nagu kehad lasevad valgust läbi mitmesugusel määral, samuti mitmesugusel määral nad peegeldavad ja neelavad teda. Et toas oleks valgem, värvitakse seinu valge värviga, sest esemeid toas valgustatakse mitte üksnes vahetult neile

langevate kiirtega, mis tulevad lambist või aknast, vaid ka seintelt hajuvate kiirtega. Mida tumedam on sein, seda rohkem neelab ja vähem peegeldab ta kiiri. Keha, mis neelab täielikult kõik temale langevad kiired, on täiesti ehk absoluutselt must. Tõeliselt polegi absoluutselt musti kehi, sest ka kõige mustem pind peegeldab kiiri, kuigi väikest osa. Küsimusi.

1. Mispärast me näeme valgustatud esemeid?
2. Võrrelge valguse peegeldumist valgelt kuivatuspaberilt peegeldumisega tasapeeglilt. Mida võib eemalt kergemini näha, kas paberit või peeglit, ja mispärast?

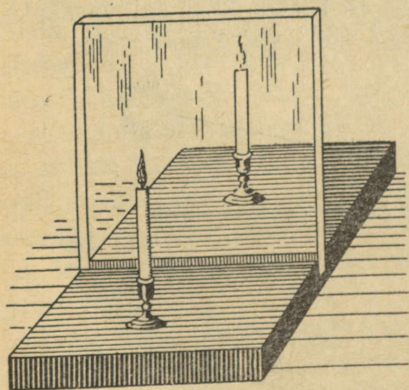
99. Tasapeegel ja selle kasutamine. Mispärast näeme peeglis asja kujutist, kuigi tõeliselt seda eset peegli taga pole?

Langevu peeglile kiired (joon. 154), mis peegeldudes sealt, satuvad meie silma.



Joon. 154. Valguspunkt ja selle kujutis tasapeeglis.

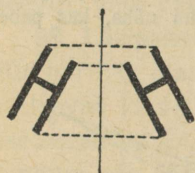
Kiir SA, peegeldudes peeglilt, läheb AB suunas. Vaadates kiire suunas, näeme valgusallikat mitte punktis S, vaid punktis S_1 , mis asub peegli taga. See punkt ei ole tõeline punkt, kust valgus lähtus. See pärast nimetatakse seda punkti kujutiseks ja seejuures ebakujutiseks.



Joon. 155. Künla peegeldumine klaasis.

Kinnitame alusele vertikaalses asendis tasapinnalise klaasi ja asetame selle ette

põleva küünla (joon. 155). Näeme selle küünla peegeldust klaasil. Võtame nüüd teise samasuguse, kuid süütamata küünla ja asetame teispoole klaasi. Nihutades seda klaasile lähemale ja klaasist kaugemale, leiame sellise asendi, kus ka teine küünal näib olevat süüdatud. See tähendab, et süütamata küünal asetseb samas kohas, kus näeme põleva küünla kujutist. Mõõtnud küünalde kauguse klaasist, veendume, et kaugused on ühesugused.

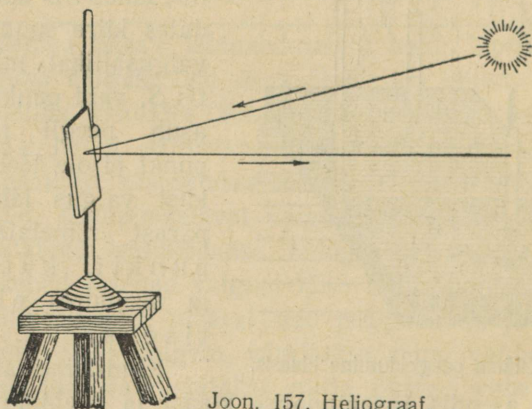


Joon. 156. Eseme peegeldumine peeglis.

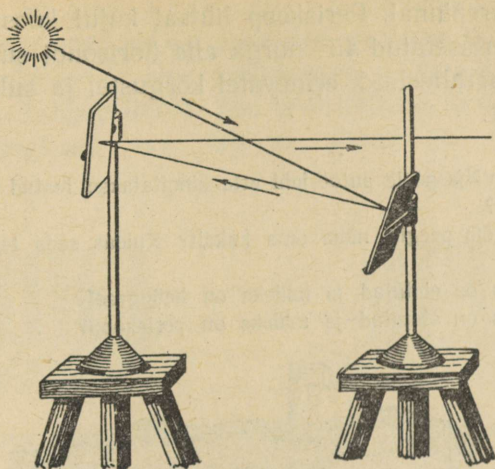
Eseme kujutis tasapeeglis näib asetsevat peegli taga samal kaugusel, nagu ese ise on peegli ees.

Et moodustada eseme kujutist tasapeeglis, on vaja igast tema punktist lasta ristjoon peeglile ja pikendada seda samasugusele kaugusele peegli taha (joon. 156).

Seistes peegli ees ja vaadates oma kujutisele, veendume, et meie keha iga osa peegeldub peeglis ristjoone sihis samal kaugusel, millisel ta tõeliselt on peegli ees. Siit tulenebki, et meie vasak käsi sai peeglikujutises paremaks käeks ja parem käsi sai vasakuks, s. o. kujutis kujutab enesest eset 180° võrra pööratuna.



Joon. 157. Heliograaf.



Joon. 158. Heliograaf.

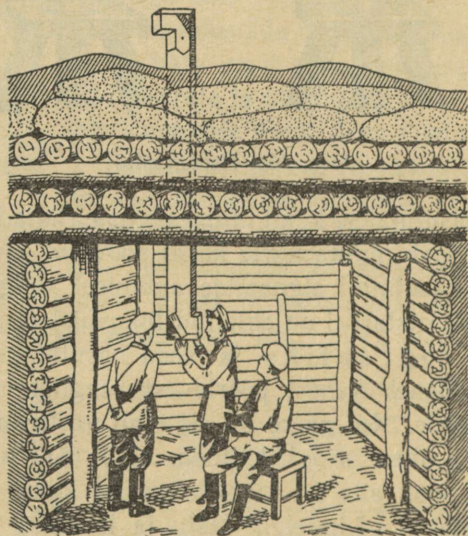
Peeglit kasutatakse laialt mitmesuguste riistade ehitamisel, millede abil saab muuta kiirte käiku soovitud suunas. See on näiteks ära kasutatud signaalide andmisel kauge maa taha. Riista, mis sel otstarbel on ehitatud liikuvaist peegleist, nimetatakse heliograafiks ja seda kasutatakse sõjaasjanduses. Ta koosneb kahest pöörlevast peeglist, mis paigutatakse kolmjalale. Kui päike on signaali vastuvõtja pool, siis on küllalt ka ühest peeglist (joon. 157). Kui päike on signaali saatja pool, siis on tarvilik omada kahte peeglit; ühe peegliga võetakse päikesekiir vastu ja lastakse teisele peeglile, teise peegliga aga suunatakse kiir signaali vastuvõtjale (joon. 158).

Teine väga tähtis peegli kasutamise viis leiab aset riistas, mida nimetatakse periskoobiks. Periskoobi abil võib vaenlast jälgida kaevikust või mõnest muust varjendist sealt välja tulemata. Periskoobi abil võib allveelaevast näha, mis

tehakse merepinnal. Periskoop lihtsal kujul koosneb 2 peeglist, mis on asetatud 45° nurga alla horisondi suhtes, on teineteisega paralleelsed, erinevatel kõrgustel ja suletud torusse (joon. 159).

Küsimusi.

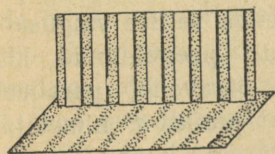
1. Miks väljaspoole autot juhi ette kinnitatakse teatud nurga all tasa-pegel?
2. Kas võib peeglis näha oma kukalt? Kuidas seda teha kahe peegli abil?
3. Kuidas on ehitatud ja milleks on heliograaf?
4. Kuidas on ehitatud ja milleks on periskoop?



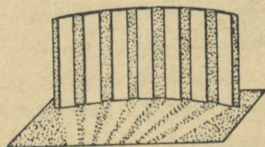
Joon. 159. Varjendi periskoop.

100. **Peegeldumine nõguspeegleilt.** Võtame läikiva plekiriiba, millele on tehtud põigitisuunas musta värviga ühesugused sirged vöödid, või tumeda kartongiriiba, millele on kinnitatud kitsad peegliriivad (joon. 160).

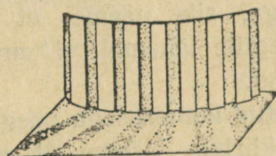
Asetame sel kombel valmistatud tasapinnakujulise plekk-tahvli nii, et ribad oleksid suunatud vertikaalselt. Kui seda valgustada otse eest, siis peegelduvad läikivailt värvimata ribadelt paralleelsed kiired. See tuleb ilmsiks laual nähtavate heledate ribadena, mis tulevad plekilt kui tasapeeglit (joon. 160).



Joon. 160.



Joon. 161.

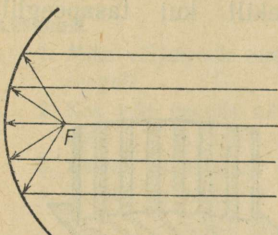


Joon. 162.

Hakkame nüüd oma plekki koolutama, tehes selle nõgusaks. Näeme, kuidas heledad ribad, mis peegelduvad plekilt, hakkavad pöörduma, koondudes ja lõikudes ligikaudu ühes punktis (joon. 161). Vastupidi, lehe kumera kuju korral kiired hajuvad (joon. 162). Seda nähtust pole raske seletada. Iga kitsast peeglriba võib vaadelda kui tasapeeglit. Kõik need peeglid omavad nüüd eri suunda, erimoodi on neile suunatud perpendikulaarid ja järelikult ka peegelduvad kiired omavad eri suundi.

Vaatlesime nõgusat ja kumerat silindrilist peeglit. Esi-
mene peegel kogub kiiri, teine hajutab. Eriti suurt tähtsust

omab sfääriline nõguspeegel, mille pind kujutab enesest kera sisepinda. Selline peegel kogub tema pinnale igast küljest langevaid kiiri.



Joon. 163.

Nihutades valgusallikat peeglist kaugemale või lähemale, näeme, et peegeldunud kiirte lõikepunkt kaugeneb või läheneb peeglile. Võib leida sellise valgusallika asendi, kus peegeldunud kiired muutuvad omavahel paralleelseks. Sellist punkti F nimetatakse nõguspeegli fookuseks, tema kaugust peeglist aga fookuse kauguseks (joon. 163). Kui võtta peeglid mitmesuguse kumerusega, siis näeme, et suurema kumeruse puhul on fookus peeglile lähemal, vähema kumeruse puhul aga peeglist kaugemal.

Märkinud ära antud kumerusega peegli fookuse, suuname peegli vastu päikesekiirte. Näeme, et peegeldunud päikesekiired lõikuvad fookuses. Päike on meist nii kaugel, et sealt tulevaid kiiri võib pidada omavahel paralleelseiks.

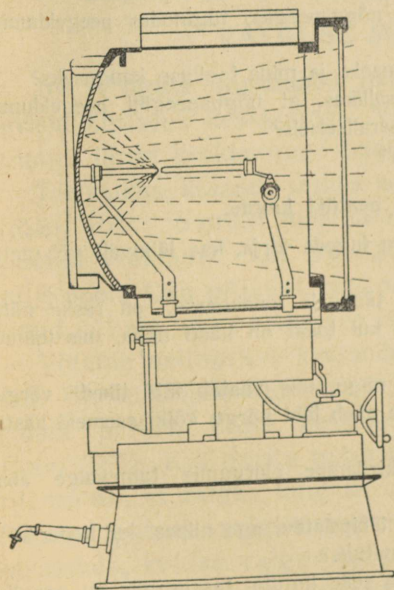
Seega:

Nõguspeegli fookus on punkt, kuhu koonduvad kõik peeglile paralleelselt langenud ja sealt peegeldunud kiired. Asetanud valgusallika fookusesse, saame peegeldunud kiired paralleelse kimbu näol.

Viimane asjaolu leiab kasutamist kõigis valgustajais, mis on määratud selleks, et suunata valgus teatud üksikkohta ilma valguse tunduva nõrgendamiseta. Nii ehitatakse valgustajaid autolaternais (esilaternais), projektsiooni-, tasku- jm.

laternais. Igaühes neist on valgusallika taga nõguspeegel ehk, nagu seda nimetatakse, reflektor¹.

Eriti suurt tähtsust omab see sõjaasjanduses võimsate prožektorite ehitamisel (joon. 164). Prožektor koosneb kahest peamisest osast: võimsast valgusallikast (harilikult võimsast kaarlambist) ja suurest nõguspeeglist, mis on asetatud nii, et valgusallikas oleks peegli fookuses. Sellise asetuse juures suunatakse valguskiiri peaaegu paralleelse kimbuna. Suur prožektor võib valgustada 10—12 km ruumala, näha aga võib seda silmaga, mis on suunatud kiirtele vastu, 75 ja enam kilomeetri kauguselt. Seepärast kasutatakse prožektoreid kahel eesmärgil: suurte kauguste valgustamiseks,



Joon. 164. Prožektor.



Joon. 165. Signaallamp ühenduses binokliga.

1 — signaallamp,
2 — binokkel, 3 — juht-
med, 4 — lambipatarei.

¹ Reflektor tähendab peegeldaja.

näiteks öises taevas lennukite otsimisel jne., aga ka signaliseerimiseks kaugustesse.

Signaliseerimise otstarbel ehitatakse ka spetsiaalseid valgussignaallampe. Nende ehitus põhjeneb samuti nõguspeeglite kasutamisel.

Selliseid signaallampe ehitatakse mõnikord binoklile. Nupule vajutamiselega võib seda kustutada ning süüdata ja sel kombel signaliseerida. Seejuures võib kasutada Morse tähetikku, andes lühikesi ja pikemaid valgussignaale (joon. 165).

Eriti suuri prožektoreid kasutatakse mereasjanduses nii pideva kui ka vilkuva valgusega majakate ehitamisel.

Küsimusi.

1. Kuidas peegelduvad valguskiired nõgus- ja kumerpeegleilt?
2. Kuidas seletada kiirte käiku nõguspeeglis, tuginedes peegeldumiseadustele?
3. Mida nimetatakse peegli fookuseks ja mida fookuse kauguseks?
4. Kuhu tuleb paigutada valgusallikas, et nõguspeeglist peegeldunud kiired kulgeksid üksteisega paralleelselt?
5. Kuidas on ehitatud prožektor?

Ülesandeid III peatüki juurde.

1. Missuguselt paberilt on parem lugeda kirja, kas läikivalt või matt-paberilt? Seletage, mispärast?
2. Mispärast, vaadates päeval tänaval toaaknasse, on raske näha toas leiduvaid esemeid, samal ajal kui toast on hästi näha, mis toimub tänaval?
3. Millega seletada, et inimese nägu, mis vaatab läbi tiheda võrgu, pole näha, samal ajal kui inimene ise näeb läbi võrgu kõiki esemeid hästi?
4. Mispärast lumi sätestab?
5. Mispärast ümbritsetakse elektrilampe eluruumis tumevalge abajuuriga?
6. Mispärast on klaas harilikult läbipaistev, aga niipea, kui teda hõõruda smirgliga, muutub ta läbipaistmatuks?
7. Tõestada, et helendav täpp ja selle kujutis tasapeeglis on peeglist võrdsel kaugusel.
8. Joonisel 159 on kujutatud periskoop, mida kasutatakse sõja ajal vaenlase vaatlemiseks varjendist. Joonistada valguskiirte käik periskoobis.

9. Kahe paralleelse tasapeegli vahel on helendav täpp. Mitu kujutist tekib sellest täpist peegleis?

10. Nõguspeegli fookuses asub täpitaoline valgusallikas. Joonestada peegelduvate kiirte käik.

11. Kuhu peab asetama prožektori voltakaare, et prožektoriga oleks võimalik valgustada kaugeid esemeid?

12. Kumerpeeglile langeb kimp paralleelseid valguskiiri. Joonestada, kuidas need kiired peegelduvad. Kus näeb silm peegli ees asetseva punkti kujutist?

13. Kui selgel suvisel päikesepaistelisel päeval suunata nõguspeeglit peegeldunud kiired paberile, siis hakkab paber põlema. Millele see osutab?

14. Kasutades suurt nõguspeeglit, võib päikesekiirte abil sulatada plaatinat. Kuhu kohta peegli lähedale peab asetama plaatinatükikese, et seda ajada sulama?

IV peatükk.

VALGUSE MURDUMINE.

101. **Valguse murdumise mõiste.** Seni vaatlesime kiiri, mis levisid ühtlases keskkonnas. Vaatame, kuidas levivad kiired, minnes ühest keskkonnast teise.

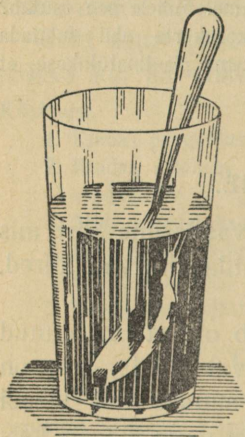
Teelusikas klaasis, milles on tee, näib olevat murdunud (joon. 166). Samuti murdunud näib olevat pliiats, mis on pandud veeklaasi, kui vaadata pliiatsi suunas või klaasi külje poolt. Osa pliiatsit, mis on vees, oleks nagu klaasis kerkinud, pliiats nagu oleks vee ja õhu piirjoonel murdunud.

Võtame nelinurkse klaasnõu või lamedate külgedega pudeli. Ühele küljele kleebime õlitatud paberi, vastasküljele — musta paberi, mille keskele teeme kitsa vertikaalse pilu (joon. 167). Kui musta paberiga külje poole paigutada elektrilamp nii, et valgus langeks anuma tahule kaldu, siis saame õlitatud paberil valgustatud riba, mille asendi järgi võib otsustada, kuidas valgus kulgeb anumas.

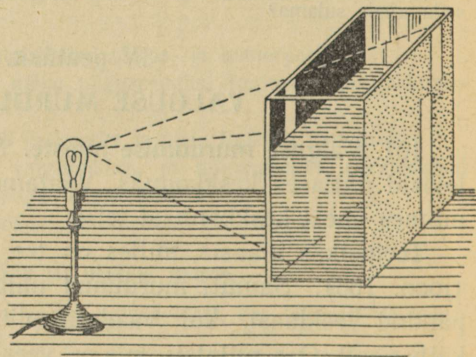
Valanud anumasse poolest saadik vett, märkame, et alumine valgusriba, kus valgus läheb läbi vee, on oma endisest asendist nihkunud teisale, lähenedes tahu keskkohale.

Need vaatlused tõendavad, et minnes ühest keskkonnast teise ei jää kiir sirgeks, vaid murdub kahe keskkonna piirjoonel.

Eriti hästi võib vaadelda kiirte käiku, kui kasutada riista, mis on kujutatud joonisel 168. Riista ülemises osas läheb kiir läbi õhu, alumises aga läbi vee. Piirjoonel, mis eraldab õhku veest, peegeldub kiir osaliselt, osaliselt läheb vette, muutes järsult oma suunda.



Joon. 166.

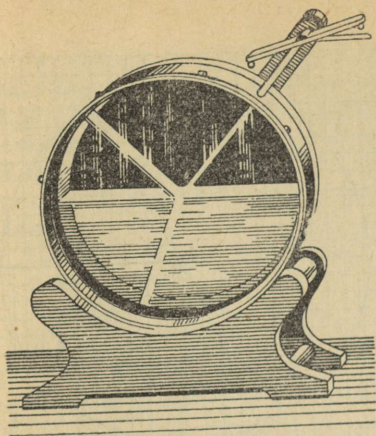


Joon. 167.

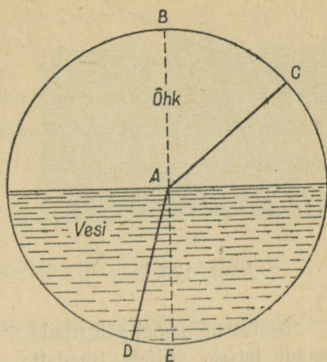
Kui punktis *A* (joon. 169) kujutella enesele sirget, mis on risti veepinnaga, siis ilmneb, et valguskiir *CA* muudab üleminekul õhust vette suunda, lähenedes ristjoonele (kiirvees).

Nurka *CAB* langeva kiire *AC* ja ristjoone *AB* vahel nimetatakse langemisnurgaks. Nurka *DAE* murdunud kiire *AD* ja sama ristjoone pikenduse *AE* vahel nimetatakse murdumisnurgaks.

Valguskiire üleminekul õhust mingisse muusse optiliselt



Joon. 168.



Joon. 169.

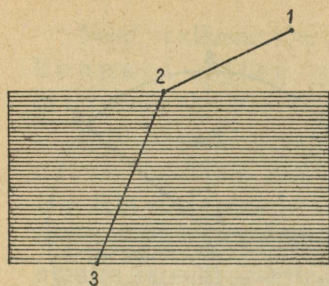
tihedamasse keskkonda on murdumisnurk langemisnurgast väiksem.

102. Laboratoorne töö nr. 2. Töö eesmärk. Uurida, kuidas muutub murdumisnurk sõltuvalt langemisnurgast.

Esialgseid juhtnööre: Kui asetada lauale millimeetripaber, paigutada sellele vertikaalne ekraan piluga, selle ette elektrilamp nii, et läbi pilu langeks paberile valguskiir, ja kiire tee paigutada paks klaasplaat, siis võib täheldada, et kiir murdub plaadi tahus.

Et oleks võimalik täpselt kindlaks määrata kiire suunda, kasutame nõõpnõelu. Kaks nõõpnõela, 1-se ja 2-se asetame langeva kiire suunas (joon. 170), 3-nda nõõpnõela asetame plaadi vastasküljele kiire väljumiskohta. Kui vaadata 1-se ja 2-se nõõpnõela suunas, siis kõik kolm nõõpnõela peavad üksteist katma. Eemaldanud plaadi, näeme, et sirged, mis ühendavad 1-st nõõpnõela 2-sega ja 2-st 3-ndaga, mis kujutavad kiire suunda õhus ja klaasis, moodustavad omavahel nurga. Kiirte käigu kindlaksmääramine nõõpnõelte abil võimaldab küllalt täpselt tähistada kiirte suunda.

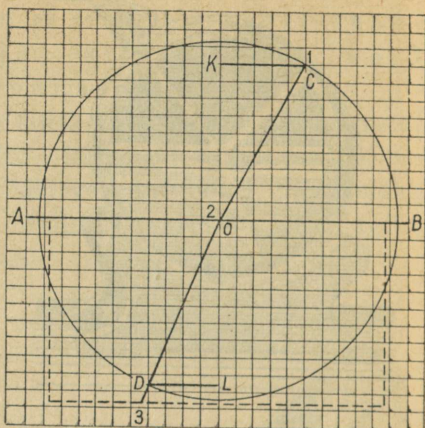
Töö kõik. 1. Joonestada millimeetripaberil ringjoon raadiusega 5 cm. Ringi keskk kohta paigutada nõõpnõel 2 (joon. 171). Tihedalt vastu nõõpnõela ning diameetri AB suunas asetada paberile paks klaasplaat. 1-ne nõõpnõel paigutada kuskile ringjoonele nii, et 1-se ja 2-se nõõpnõelaga moodustatud raadiuse ja diameetri AB vahel oleks teravnurk.



Joon. 170.

3-mas nõõpnõel paigutada plaadi teisele küljele tihedalt vastu plaati. Läbi klaasi vaatamisel peavad kõik kolm nõõpnõela üksteist katma. Piiritletud terava pliitsiga plaadi asendi, võtta see pabe-
rilt ja tähistada kiired: langev kiir OC (1-se ja 2-se nõõpnõelaga) ja mur-
dunud kiir OD (2-se ja 3-nda nõõpnõelaga).

2. Langemis- ja murdumisnurga iseloomustamiseks mõõta ristjooned CK ja DL , mis on tõmmatud ringjoone punktides C ja D diameetrile, mis on risti diameetriga AB , kirjutada saadud resultaadid tabelisse ja arvuta CK ja DL suhe.



Joon. 171.
Laboratoorse töö nr. 2 juurde.

Tabel.

Katse nr.	CK	DL	$CK : DL$

Tuleb sooritada mitu katset (4–5), asetades iga kord 1-se ja 2-se nõõpnõela eri nurga all diameetrile AB .

2-ne ja 3-mas nõõpnõel tuleb asetada tihedalt vastu plaadi tahku, sest jooned, mis lähevad läbi nende nõõpnõelte, tähistavad kiire suunda, mis kulgeb läbi plaadi.

Et määrata kindlaks plaadist väljuva kiire suunda, on vaja asetada veel 4-jas nõõpnõel eemale plaadi selle külje pool, kus on paigutatud 3-mas, kuid nii, et kõik neli nõõpnõela vaatlemise juures üksteist kataksid. Joonestanud väljuva kiire, veendume, et ta on paralleelne plaadile langeva või plaadisse siseneva kiirega. See on ka arusaadav: kuivõrd kiir, sisenedes plaati, lähenes ristjoonele, niivõrd ta kaugenes ristjoonest, väljudes plaadist.

Küsimusi.

1. Kuidas muutub murdumisnurk, kui suurendada langemisnurka?
2. Kas muutub suhe $CK : DL$ langemis- ja murdumisnurga muutmisega?
3. Kas muutub kiire suund, kui ta langeb risti kahte keskkonda lahutavale pinnale?

Sooritatud katsete alusel võib määrata kindlaks järgmised valguse murdumisseadused.

1. Üleminekul ühest keskkonnast teise kaldub kiir oma esialgselt suunast kõrvale, kui kiir langeb lahtuspiirile kaldu.

2. Kiire üleminekul optiliselt vähem tihedast keskkonnast suurema optilise tihedusega keskkonda, on murdumisnurk langemisnurgast väiksem, ja vastupidi, üleminekul optiliselt tihedamast keskkonnast optiliselt hõredamasse keskkonda eemaldub murdunud kiir ristjoonest, mis on lastud kahe keskkonna lahtuspiirjoonele.

Langemis- ja murdumisnurkade muutumiste korral jääb suhe $CK : DL$, mis iseloomustab nende nurkade suurust, antud kahele keskkonnale muutumatuks suuruseks. See suhe kannab murdumisnäitaja nimetust.

Iga kahe keskkonna jaoks on murdumisnäitajal teatud kindel suurus. Õhu ja klaasi murdumisnäitaja võrdub 1,5-ga; õhu ja vee murdumisnäitaja 1,3-ga; õhu ja teemandi murdumisnäitaja 2,5-ga. Mida optiliselt tihedam on keskkond, seda tugevamini murdub temasseminev valguskiir. Teiselt poolt teame, et optiliselt tihedam on see keha, kus valguse kiirus on väiksem. On kindlaks tehtud, et iga keskkonna murdumisnäitaja on arvuliselt võrdne õhu ja antud keskkonna valguse kiiruse suhtega.

Valguse kiirus õhus on 300 000 km/sek; valguse kiirus vees — ligi 230 000 km/sek; siit järgneb, et murdumisnäitaja vee ja õhu suhtes on

$$\frac{300\,000}{230\,000} = 1,3.$$

Allolevas tabelis on toodud mitmesuguste keskkondade murdumisnäitajad õhuta ruumi suhtes (peaaegu samad on nad ka õhu suhtes).

Murdumisnäitajad.

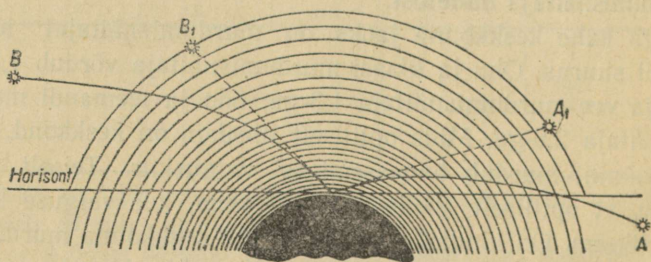
Vesi	1,3	Klaas (kroonklaas)	1,5
Piiritus	1,4	Klaas (flintklaas)	1,7—1,9
Tärpentiin	1,5	Teemant	2,5

Küsimusi.

1. Millistel tingimustel läheb kiir läbi kahe keskkonna murdumata?
2. Määrata valguse kiirus teemandis.
3. Valguskiir läheb veest klaasi; arvutada klaasi murdumisnäitaja vee suhtes?

103. **Optilisi nähtusi atmosfääris.** Õhu optiline tihedus sõltub nii õhu temperatuurist kui rõhumisest. Õhu kihid, mis on maapinnale lähedasemad, omavad suuremat optilist tihedust kui atmosfääri ülemised kihid.

Valguskiir, ms tuleb mõnelt tähelt, jõuab maapinnale, olles läbinud Maa atmosfääri kogu paksuse. Tulles läbi mitmesuguste atmosfääri kihide, valguskiir murdub, muutub kõveraks ja täht näib vaatlejale olevat kõrgemal, kui ta on tõeliselt (joon. 172). Seda valguskiire kõverdumist



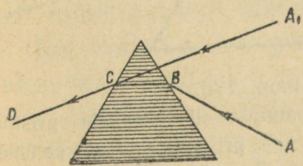
Joon. 172. Refraktsioon.

nimetatakse atmosfääriliseks refraktsiooniks¹. Mida lähemal on täht horisondile, seda rohkem valguskiir kõverdub.

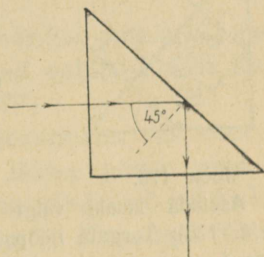
Joonisel 172 on näha, et täht *A* on juba läinud horisondi taha, kuid vaatleja näeb seda veel punktis *A*, ülalpool horisonti.

Atmosfääri refraktsioon avaldab mõju päeva pikkusele. Refraktsiooni tõttu võib päikest näha ülalpool horisonti, kuigi ta tõeliselt on juba laskunud allapoole horisonti või pole veel tõusnudki.

Ajame mingi metallplaadi lambi peal tulikumaks. Seejuures tekivad plaadi kohal tõusvad õhuvoolud. Kui vaadata läbi selliste tõusvate õhuvoolude kaugel olevale esemele, siis näib nagu kõiguks või väriseks vaadeldav ese. Seda kaugele esemete värisemist võib täheldada suvel palava maapinna lähedal, päikese poolt palavaks aetud katuste ja suitsukorstnate kohal, kui neilt tõuseb palav õhk. Öösel on näha tähtede vilkumist. Need kõikumised kutsutakse esile valguskiirte murdumise muutumise tõttu mitmesuguse temperatuuriga õhuvoolude liikumise tagajärjel.



Joon. 173. Valguskiirte läbimine kolmetahulisest prismast



Joon. 174.

104. Murdumine kolmetahulises prismas. Kui vaadelda mingit eset läbi kolmetahulise prisma (joon. 173), siis näib ese nihutatud olevat nurga tipu poole, mis on moodustatud tasapindadest, mida läbib kiir.

See nähtus on seletatav kiirte läbimine kuga prismast.

Esemelt *A* tulev valguskiir, langedes prismale punktis *B*, murdub ja kulgeb prismas *BC* suunas. Jõudnud prisma teise tahuni, murdub kiir veelkordselt, kaldudes prisma aluse poole,

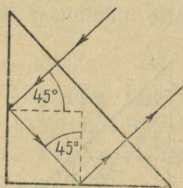
¹ Refraktsioon tähendab murdumist.

mille tagajärjel vaatlejale näib, nagu tuleks kiir punktist A_1 , mis asetseb kiire CD pikendusel.

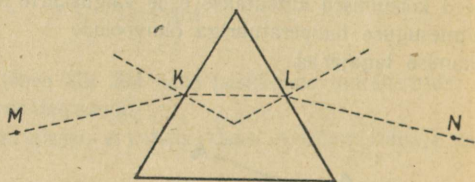
Kui valguskiir langeb risti kolmetahulise täisnurkse võrdhaarse klaasprisma mingile tahule (joon. 174), siis, nagu nähtub katsest, ta ei kaldu kõrvale, vaid sattudes prisma seesmisele tahule 45° nurga all, peegeldub temalt nagu tasapeeglist. Joonisel 174—175 on kujutatud kiirte käiku prismas.

Valguskiire käigu suuna muutmine prismade abil on ära kasutatud mitmesuguste optiliste instrumentide ehitamisel.

105. Laboratoorne töö nr. 3. Töö eesmärk. Uurida kiire käiku prismas ja võrrelda prismasse siseneva kiire suunda prismast väljaiva kiire suunaga.



Joon. 175.



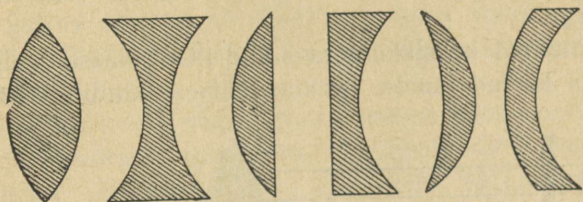
Joon. 176.

Asetada lauale valge paberileht ja panna selle keskele prisma (joon. 176). Torgata nõõpnõelad: esimene N — prismast pisut eemale, teine L — vastu prismat. Suunata silm nii, et üks nõõpnõel kataks teist, ja torgata kolmas nõõpnõel K prisma lähedale teisel küljel, neljas aga prismast pisut kaugemale — punkti M nii, et nõõpnõelte vaatamisel läbi prisma kõik neli nõõpnõela kataksid üksteist. Esimesed kaks nõõpnõela näitavad langeva kiire suunda, 3-mas ja 4-jas nõõpnõel väljaiva kiire suunda.

Piiritella terava pliiatsiga prisma ja eemaldada see, puudutamata nõõpnõelu. Asetada joonlaud esmalt 1-se ja 2-se nõõpnõela juurde, siis 3-nda ja 4-nda juurde, joonestada siseneva ja prismast väljaiva kiirte suund. Mida näitab joon, mis ühendab nõõpnõelu K ja L ? Kuidas kaldub kõrvale kiir, mis väljub prismast — kas prisma laieneva või kitseneva osa poole?

Valguskiir, minnes läbi prisma, kaldub prisma aluse poole ja kaldumine on seda suurem, mida suurema nurga all on prisma tahud teineteise suhtes. Seda nurka nimetatakse prisma murdvaks nurgaks.

106. **Läätsed.** Läätsedeks nimetatakse mitut liiki klaase, mida kasutatakse igasuguste optiliste instrumentide valmistamiseks. Sagedamini esinevaid läätsi on suurendusklaasid.



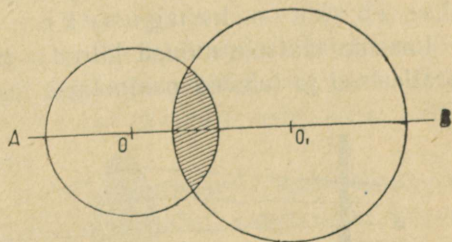
Joon. 177. Mitmesugused läätsed.

Suurendusklaasi kuju, piiratud kahe sfäärilise pinnaga¹, meenutab väga läätseterade kuju, mispärast optilisi klaase üldiselt nimetataksegi läätsedeks (joon. 177).

Kui läätsse piirav pind on kera välispinnaks, siis nimetatakse seda pinda kumeraks. Kui läätsse piirav pind on kera sisepinnaks, siis nimetatakse läätsse pinda nõgusaks. Mõnikord on üks läätsse pindadest tasapind. Kuna igal läätsel on kaks pinda ja igaüks neist võib olla kas kumer, nõgus või tasapind, siis esineb ka läätsi mitmesuguseid:

kaksikkumeraid, kaksiknõgusaid, tasakumeraid, tasakõgusaid, kumernõgusaid, nõguskumeraid (joon. 177).

Joont AB , mis läbib läätsse piira-



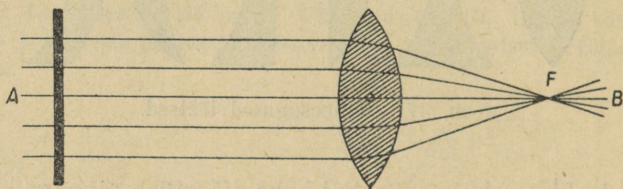
Joon. 178.

¹ Sfääriline pind — kera pind.

vate sfääriliste pindade keskpunkte O ja O_1 , nimetatakse läätse optiliseks teljeks (joon. 178).

Et jälgida, kuidas kiir läbib silindrilist läätse, kasutame läätse, mis pole ümbritsetud kerapindadega, vaid silindriliste pindadega.

Kinnitanud kaksikkumera silindrilise läätse valge matt-paberiga kaetud lauale, laseme läätsele kimbu kiiri, mis on

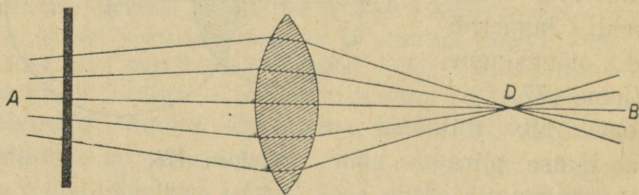


Joon. 179.

paralleelsed läätse optilise teljega. Näeme, et kiired, minnes läbi läätse, ei jää paralleelseiks vaid murduvad ja koonduvad läätse optilisel teljel ühte punkti (joon. 179). Nimetame punkti F , kuhu koonduvad optilisele teljele paralleelsed kiired pärast läätsest läbimineku, l ä ä t s e p e a f o o k u s e k s.

Kaugust läätse keskpunktist kuni peafookuseni nimetatakse fookuse kauguseks.

Laseme läätsele mõned kiired, mis pole läätse teljega paralleelsed ja tulevad peafookuse taga asetsevast valgusalli-



Joon. 180.

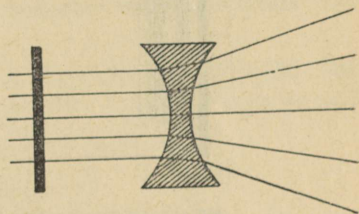
kast. Need kiired murduvad läätsest läbi minnes täpselt samuti ja koonduvad punkti *D*, mis ei ühti läätse peafookusega (joon. 180).

Kui kiir läbib läätse keskkohast, siis murdub ta nii, et läätsest väljuv kiir on paralleelne langeva kiirega. On läätse õhuke, siis võib ligikaudu öelda, et läätse keskkohast läbiv kiir ei murdu.

Kiirte läbiminekul nõgusläätsel näeme teistsugust pilti.

Milline ka oleks nõgusläätsel langevate kiirte suund, läätsest väljudes on nad hajuvad (joon. 181). Kumerläätsi nimetatakse kogujaiks läätsedeks; nõgusläätsi — hajutavaks läätsedeks.

Kõiki katseid, mida tegime silindriliste läätsedega, võib sooritada ka sfääriliste läätsedega.



Joon. 181.

Laseme päikeselt langevad kiired läbi kumerläätsel.

Läätse teisel küljel tekib hele, kuid väga väike päikese kujutis, mis asub läätse fookuses. Sel kombel kogutud päikese kiirtega võib süüdata paberit, eriti siis, kui kiired pole tulnud läbi akna klaasi ja kui valge paberi asemel võtta must.

Mõõtnud kauguse läätse keskkohast kuni ekraanini, millele on kogutud päikese kiired, määrame läätse fookuse kauguse. Märgime selle kauguse üles ja võrdleme seda teise kumerläätsel fookuse kaugusega.

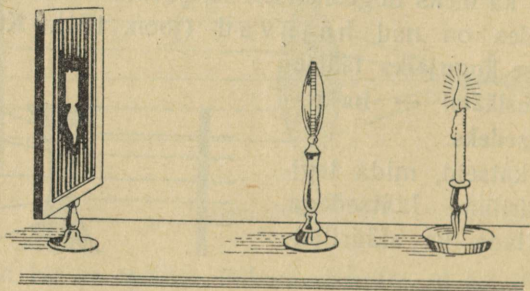
Selgub, et erinevail läätsil on erinevad fookusekaugused, kusjuures ühest ja samast materjalist valmistatud läätsede fookusekaugused sõltuvad läätse piirava pinna kõverusest.

Mida kumeram lääts, mida väiksemad on läätsi piiravate kerapindade raadiused, seda väiksem on läätse fookuse kaugus.

Mida lühem fookuse kaugus, seda suuremad on läätsede murdvad omadused.

Mitmesuguste läätsede murdvate omaduste võrdlemiseks kasutatakse erihikut — dioptriat.

Läätse, mille fookuse kaugus on 1 m (100 cm) nimetatakse ühedioptrialiseks läätseks. Mida väiksem fookuse kaugus, seda rohkem dioptriaid omab lääts. Poolemeetrise fookusekaugusega lääts omab 2 dioptriat, 20 cm



Joon. 182.

($\frac{1}{5}$ m) fookusekaugusega lääts omab 5 dioptriat; vastupidi 2-meetrise fookusekaugusega lääts omab 0,5 dioptriat jne.

Kaksikkumerat läätsed abil võib saada ekraanil helendavate või valgustatud esemete kujutisi.

Liigutades põleva küünla ja ekraani vahel kaksikkumerat läätsed, võib leida sellise läätsed asendi, mille juures ekraanil tekib küünla leegi selge, kuid ümberpööratud kujutis (joon. 182).

Kui läätsed lähendada küünlale, siis, et saada ekraanil küünla kujutist, tuleb ekraan nihutada edasi. Kujutis seejuures suureneb, kuid jääb ümberpöörduks.

Mida lähemale paneme läätsed küünla, seda kaugemale tuleb viia ekraan ja seda suurem tekib kujutis.

Olgu tähendatud, et küünla suurendatud kujutiste saamiseks ei või küünalt lähendada läätsele piiramatus ulatuses. Kui küünal asetseb kaugusel, mis on väiksem kui läätse fookuse kaugus, siis ei saa me ekraanil mingisugust kujutist, kui kaugele me ekraani ka ei lükkaks.

Vastup'di, nihutades läätse küünlast eemale, saame ekraanil üha väiksemaid kujutisi, kusjuures ekraani tuleb asetada läätsele ikka ligemale, ent minemata üle kauguse, mis on väiksem läätse fookuse kaugusest.

Küünla kujutist ekraanil võib saada iga kumerläätse abil, kuid küünla ja ekraani kaugused läätsest olenevad läätse fookuse kaugusest.

On kindlaks tehtud, et küünla kauguse (a), ekraani kauguse (b) ja läätse fookuse kauguse (F) vahel on olemas sõltuvus, mida väljendatakse järgmise valemi abil:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

107. Laboratoorne töö nr. 4. Töö eesmärk. Uurida kumerläätse abil saadavat kujutist.

Abinõud: kaksikkumer lääts; mõõtjoonlaud; ekraan; elektritaskulamp jaotistega mattklaasi ja kinnise siibriga, millesse on lõigatud täht.

1. Muutes lambi mattklaasi kaugust läätsest, asetada ekraan nii, et sellel tekiks sisselõigatud tähest selge kujutis. Kaugus läätsest lambini (a) ja kaugus läätsest ekraanini (b) kirjutada tabelisse.

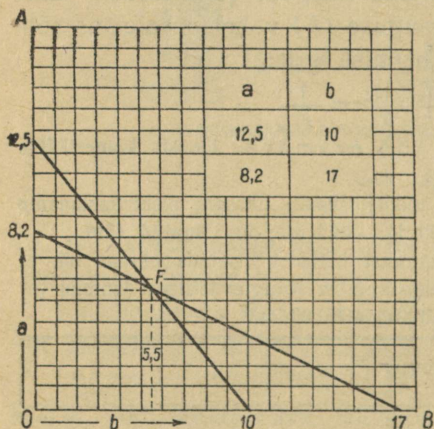
Läätse fookuse kaugus $F = \dots \text{cm}$			
Kaugused		Eseme suurus A	Kujutise suurus B
ese läätsest a	ekraan läätsest b		

Mõõta sisselõigatud tähe suurus A ja tema kujutise suurus B ja võrrelda suhteid $\frac{A}{B}$ ja $\frac{a}{b}$.

Küsimusi.

1. Kas kaksikkumera läätsel saab saadakse päripidised või ümberpööratud kujutised?
2. Missugusel tingimusel lääts ei anna kujutist?
3. Millega võrdub uuritava läätsel fookuse kaugus?
4. Kas vastab valem $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$ katse andmetele?
5. Tõmmake ruudulisele paberile koordinaatteljed AO ja OB , millele märkige iga katse jaoks a ja b kaugus. Ühendades joonlõikude a ja b otsad sirgetega, saate nende sirgete lõikepunkti F . Punkti F kaugus koordinaattelgedest OB või OA on läätsel fookuse kaugus (joon. 183).

Graafikul 183 on antud lahendus järgmiste andmete järgi:
 $a = 8,2$ m, $b = 17$ cm, $a_1 = 2,5$ cm, $b_1 = 10$ cm, $F = 5,5$ cm.



Joon. 183. Graafik töö juurde.

punkti. Et leida seda punkti geomeetrilise ehitamise abil, eraldame kimbust kaks kiirt. Optilise teljega paralleelne kiir AB läbib peale murdumist läätsel fookuse F . Teine kiir AC läbib läätsel optilise tsentri C murdumata. Need kaks kiirt lõikuvad punktis D . Selles punktis jooksevad kokku ka kõik teised kiired, mis tulevad punktist A , tähendab, punktis D saame punkti A kujutise. Täpselt samuti võib, konstrueerides punktis M kaks

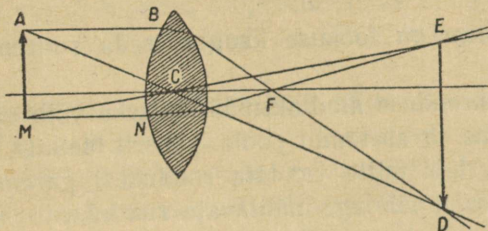
108. Kujutiste geomeetiline ehitamine.

Me nägime: 1) et kiir, mis langeb läätsel paralleelselt optilise teljega, läheb murdudes läbi läätsel peafookuse; 2) läätsel keskohta läbivat kiirt võib pidada mittemurduvaks.

Punkti, mida kiir läbib murdumata, nimetatakse läätsel optiliseks tsentriks.

Oletame, et helendava eseme punktist A langeb läätsel kiirte kimp (joon. 184). See kimp hajuvaid kiiri kogutakse läätsel poolt teatud

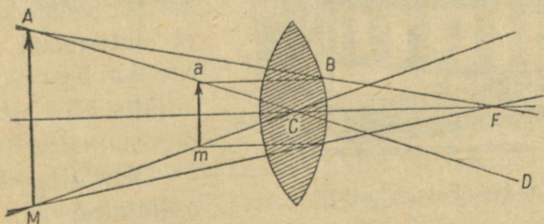
kiirt MN ja MC , saada punkti E punkti M kujutisena. Punktide E ja D vahel tekivad eseme AM ülejäänud punktide kujutised. Nagu nähtub joonisest, tekkis ümberpööratud kujutis.



Joon. 184. Kujutiste geomeetriline ehitamine.

Joonestame kiirte käigu juhuks, millal ese am asetseb fookusekaugusest lähemal (joon. 185).

Teljega paralleelne kiir aB läbib punkti E . Kiir aC läbib läätse murdumata. Läätselt väljuvad kiired BF ja CD hajuvad; tähendab, kuskilgi läätse taga me punktist a kujutist ei saa. Vastupidi, kui vaadata eset läbi läätse, siis on näha, et kiired ei tule mitte punktist a , vaid punktist A . Punkti A nimetatakse punkti a ebakujutiseks. Analoogiliselt leiame punkti M — punkti m ebakujutise. Läätselt taga näeme eseme am päripidist suurendatud kujutist AM .



Joon. 185.

109. **Luup.** Luubiks nimetatakse kaksikkumerat läätse või läätsede süsteemi, mille abil vaatleme väikesi esemeid suurendatud kujul.

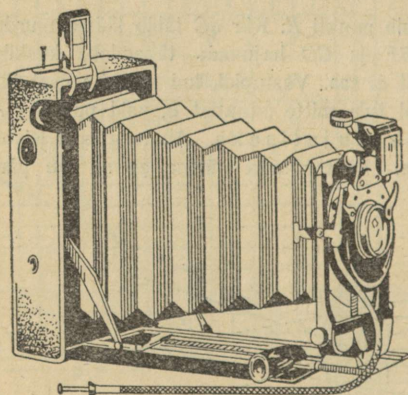
Et ese oleks nähtav suurendatud kujul, on vaja teda asetada peafookuse ja läätse vahele.

Luubi suurenduseks nimetatakse kujutise ja eseme suuruste suhet.

Mida lühem on fookuse kaugus, seda suurema kujutise annab luup.

Luubi suurenduse kindlaksmääramiseks võib võtta ruudulise paberilehe ja asetanud poole paberit lauale, lähendada teist luubile, läbi mille vaadata ruudukesi parema silmaga. Lugenud vasaku silmaga nähtavate ruudukeste arvu, mida katab üks ruut, mis on nähtav läbi luubi parema silmaga, määrame luubi suurenduse.

110. Fotoaparaat. Moodne fotoaparaat on kujutatud joonisel 186. Aparaaadi esiosas, mis on pööratud eseme poole, mil-



Joon. 186. Fotoaparaat.

lest soovime saada kujutist, on objektiiiv¹. Aparaaadi tagaseinas on mattklaas. Läätsede või objektiivi nihutamise abil võib seada objektiivi aparaaadi mattklaasist sellisele kaugusele, et mattklaasil tekib terav ümberpööratud kujutis esemest, millele on suunatud objektiiv.

Ülesvõtte tegemisel asetatakse aparaaati mattklaasi asemele lame

kaanega kastike — kassett, milles on valgustundliku kihiga kaetud plaat.

¹ Objektiiviks optilistes riistades nimetatakse läätsede süsteemi, mis on pööratud objektile — esemele.

Kui avada aparaadisse paigutatud kasseti kaas, siis kujutis ülesvõetavast esemest, mis enne saadi mattklaasil, tekib nüüd valgustundlikul kihil.

Valguse mõjul muutub valgustundlikus kihis olev broomhõbe, kuigi me, võtnud plaadi kassetist, mingit muutust ei märka.

Et broomhõbeda muutumist teha nähtavaks, on vaja plaati ilmutada, milleks teda tuleb keemiliselt ümber töötada pimekambris. Plaat paigutatakse erilisse lahusesse — ilmutisse; siis saadakse valgustundlikus kihis must kujutis, mis



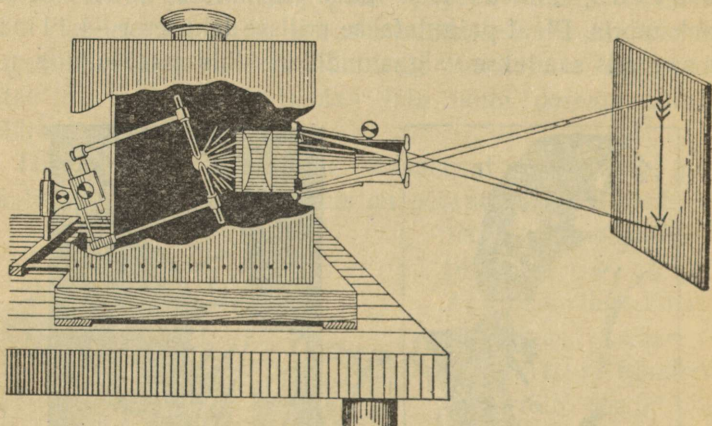
Joon. 187. Negatiiv ja positiiv.

koosneb metalsest hõbedast. Broomhõbe, mida valgus ei mõjutanud, ei taandu ja cemaldatakse kihilt lahustamisega hüposulfiidi lahuses. Pärast sellist töötlemist pestakse plaat puhta veega ja kuivatatakse. Pärast kuivamist saadakse edasiseks töötlemiseks valmis negatiiv, kus eseme heledad kohad on tumedad, eseme tumedad kohad aga heledad (joon. 187).

Et saada positiivi, s. o. pilti, kus tumedad ja heledad

kohad oleksid jaotatud õigesti, asetatakse negatiivile paber ehk plaat, mis on kaetud valgustundliku kihiga. Valgustades seda plaati läbi negatiivi, saadakse positiiv, s. o. selline kujutis, millel tumedad ja heledad kohad vastavad pildistatud esemele.

111. **Projektsiooniaparaat.** Projektsiooniaparaat¹ (joon. 188) kujutab enesest nagu fotokaamera vastandit.



Joon. 188. Projektsiooniaparaat.

Fotoaparaadi mattklaasil saame kaugese eseme vähendatud kujutise. Vastupidi, projektsiooniaparaadi abil saame aparaadist eemal seisval ekraanil väikestest, heledasti valgustatud piltidest suurendatud kujutised. Läbipaistev pilt — diapositiiv — asetatakse objektiivi taha kaugusele, mis on fookuskaugusest veidi suurem. Pildi taga asetseb valgusallikas, mille kiired, minnes läbi läätsede süsteemi, mida nimetatakse kondensoriks², valgustavad ühtlaselt projitseer-

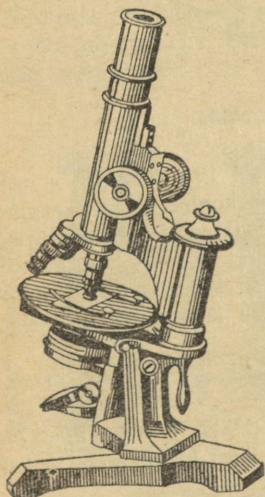
¹ Projektsioon tuleb ladinakeelsest sõnast *projicere*, mis tähendab viskama, heitma.

² *Condensare* ladina keeles tähendab tihendama.

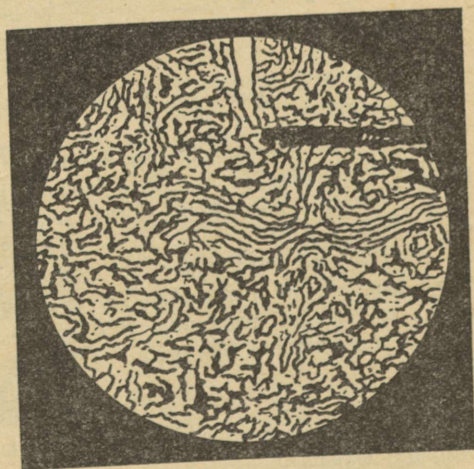
ritava pildi kogu pinda. Ekraanil tekib suurendatud ümberpööratud kujutis.

112. Kino. Kinopildid, millel näeme liikuvaid esemeid, tekitatakse ekraanile samasuguse projektsiooniaparaadiga nagu liikumatud pildidki, ainult selle vahega, et üksiku pildi kujutis jääb ekraanile väga lühikeseks ajaks. 1 sekundi jooksul vahetub ekraanil ligi 20 pilti, milledes igaühes liikuvad esemed võtavad uue, eelmisest vähe erineva asendi. Iga pildi vahetuse juures objektiiv suletakse, nii et ekraan jääb pimedaks. Viibides kinos, meie ei märka ei pildi vahetust ega momente, millal ekraan on pime; mulje ülesvõtteist vaheldub pidevalt, nii et meie tajume esemete vahetpidamatut liikumist.

See nähtus on seletatav sellega, et nägemisergu ärritus, mille tekitab heledasti valgustatud ese, hoidub alal 0,1 sekundi jooksul pärast seda, kui pilt kadus. Selle tagajärjel näeme ekraanil pilti veel 0,1 sekundi jooksul, kuigi seda pilti ekraanil



Joon. 189. Mikroskoop.



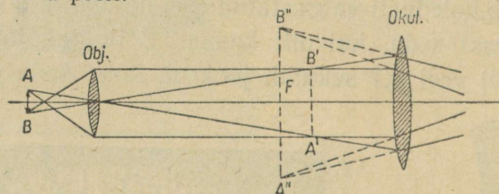
Joon. 190. Damaskuse terase ehitus mikroskoobis.

nil enam ei ole, ja see on jõudnud vahetuda uuega. Iga pilt jääb ekraanile ligi 0,04 sekundiks. Piltide vahetus vältab 0,02 sekundit.

113. Mikroskoop. Väga väikeste esemete vaatlemiseks kasutatakse mikroskoopi (joon. 189), mille abil võib saada mitmesajakordse suurenduse. Praegusel ajal on mikroskoope, mis suurendavad kuni 2500 korda.

Tänu mikroskoobile rikastus teadus uute teadmistega. Mikroskoobiliste uurimuste kaudu avastati rida haigustetekitajaid ja leiti seejärel nende tekitajate vastu võitlemise viisid. Metallide mikroskoobilised uurimused omavad metallurgias väga suurt tähtsust, andes võimaluse vaadelda metalli ehituse erinevusi sõltuvalt selle koostisest ja töötlemisviisist (joon. 190).

Mikroskoop koosneb kahest läätsede süsteemist. Üks süsteem on suunatud vaatlusobjektile, seda nimetatakse objektiiviks, teist läätsede süsteemi nimetatakse okulaariks¹. See läätsede süsteem on pööratud vaatleja silma poole.



Joon. 191. Kiirte käik mikroskoobis.

Kiirte käik mikroskoobis on kujutatud joonisel 191. Ese AB on paigutatud lühifookuslise objektiivi fookuse ja kahekordse fookusekauguse vahele, mistõttu mikroskoobi torus tekib suurendatud ja ümberpööratud eseme kujutis $A'B'$.

Seda kujutist vaadeldakse läbi okulaari, mis on kujutisest $A'B'$ väiksemal kaugusel kui fookusekaugus, mistõttu, nagu luubiga vaatlemiselgi, näeme suurendatud ebakujutist $A''B''$.

114. Laboratoorne töö nr. 5. Töö eesmärk. Mikroskoobi koostamine.

Vahendid: väga lühikese fookusekaugusega lääts 1–1,5 cm; lääts fookuse kaugusega 3–4 cm; mattklaasiga latern ühes klaasi peale tehtud võrguga; ekraan.

¹ Okulaar tuleneb ladinakeelsest sõnast *oculus* — silm.

1. Seada üles latern, lühifookuseline lääts ja ekraan nii, et ekraanil tekiks laterna võrgu suurendatud kujutis.

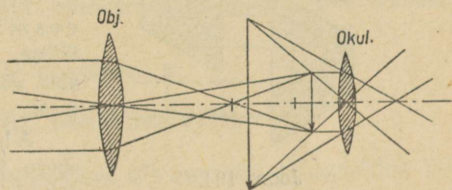
2. Asetada pikafookuseline lääts ekraani ette sellisele kaugusele, et läbi läätse nagu läbi luubigi oleks võimalik ekraanil näha võrgu kujutist suurendatud kujul.

3. Jättes kohalt liigutamata laterna ja läätse, kõrvaldada ekraan.

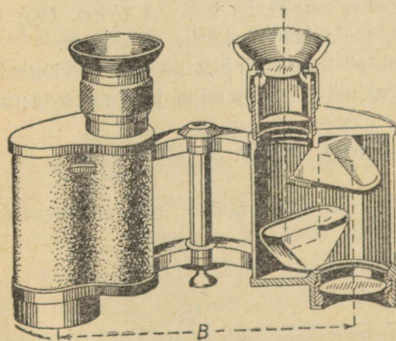
Vaadates läbi pikafookuselise läätse kui läbi mikroskoobi okulaari, näeme laterna võrgu suurendatud kujutist.

115. Teleskoop. Kaugete esemete vaatlemiseks ehitatakse instrumendid, mida nimetatakse teleskoopideks¹. Täpselt samuti nagu mikroskoopki omab teleskoop kahte läätsede süsteemi. Objektiiv (joon. 192) annab teleskoobi sisemuses esemest ümberpööratud vahendatud kujutise, mida vaadeldakse läbi okulaari.

Et kujutised kaugelolevaist esemest saaksid nii suuremad kui ka selgemad, tehakse teleskoobi objektiiv suure objektiivikauguse ja diameetriga, et haarata võimalikult rohkem kiiri. Okulaar aga tehakse lühifookuseline, et saada suuremat suurendust.



Joon. 192. Kiirte käik teleskoobis.



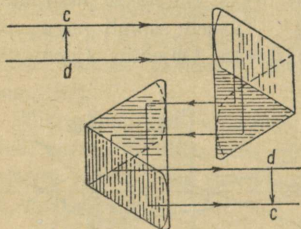
Joon. 193. Prismabinokkel.

Teleskoopi kasutatakse astronoomias. Mitmesuguseid riistu kaugelolevate esemete vaatlemiseks kasutatakse sõjaasjanduses. Optilised sihikud kuulipildujail lubavad väga täpselt suunata kuulipildujaid märgile; kahuripanoraamid, mis kujutavad enesest keerukaid riistu, ühendavad eneses nii pikksilma kui ka täpse nurgamõõtja; stereokiikrid on vaenlase vaatlemiseks varjatud kohast. Kõigis neis riistades on peale objektiivi ja okulaari pris-

¹ Tele — kaugel, skopeo — näen.

mad kiirte käigu suuna muutmiseks ja kujutiste ümberpööramiseks, mis harilikus teleskoobis on vastupidised.

116. **Binokkel.** Üsna levinud optiliseks riistaks on prismabinokkel (joon. 193). Binokkel kujutab enesest kahte paralleelselt ühendatud pikksilma. Objektiivist (joon. 194) läbiläinud kiired langevad järgemööda kahele prismale, kus nad igaühes peegelduvad kaks korda, enne kui satuvad okulaari. Tänu prismadele kujutis pööratakse ümber (joon. 194), ja riist ise omab väiksemat mõõtu kui teleskoop. Harilikus binoklis



Joon. 194.

on okulaariks kaksikkumer lääts, mille tõttu saadakse esemest päripidine kujutis.

117. **Laboratoorne töö nr. 6.** Töö eesmärk. Kasutades kahte kogujat läätsi, valmistada optiline riist, mille abil võib vaadelda kaugelolevaid esemeid.

Abinõud ja materjalid: suure fookusekaugusega lääts alusel; väikese fookusekaugusega lääts alusel; küünal; ajaleht (kuulutuste osa); nuplid;

mõõtjoonlaud; alusel olev ekraan (joon. 195).

Töö algus toimub pimendatud toas.

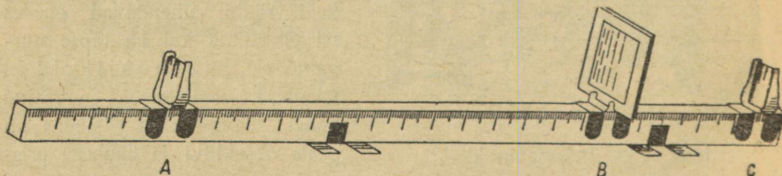
1. Töölauast võimalikult kaugemal, laboratooriumi kaugemale seinalle kinnitada laua kõrgusele ajaleht.

2. Töölauale paigutada suure fookusekaugusega lääts *A* (joon. 195) ja saavutada ekraanil *B* küünla kujutis, mida hoida ajalehe läheduses.

3. Ekraani tagumisele küljele on pliiatsiga kirjutatud täht. Paigutada teine lääts (väikese fookusekaugusega) nii, et oleks näha tähe suurendatud kujutis.

4. Mõõta läätsede ja ekraani vaheline kaugus ja võrrelda seda läätsede fookusekaugusega.

5. Eemaldada ekraan ja vaadates läbi kahe läätsi, püüda saavutada



Joon. 195. Laboratoorse töö nr. 6 juurde.

ajalehe selge kiri. See osa tööst sooritatakse ajalehe võimalikult tugevama valgustamise abil.

6. Kas tähed on nähtavad päri- või vastupidiselt?

7. Kui on võimalus, avada aken ja püüda läbi avatud akna vaadelda mõningaid kaugemaid esemeid, kasutades valmistatud teleskoobi mudelit.

8. Asendada teine lääts (okulaar) kaksiknõgusa klaasiga ja korrata sellega samu katseid. Kas selles hariliku binokli mudelis näeb tähti päripidiselt või ümberpöörduvalt?

Küsimusi.

1. Milleks on teleskoobis suure fookusekaugusega lääts?

2. Mispärast on teleskoobiga vaadeldavad kujutised ümber pöördud?

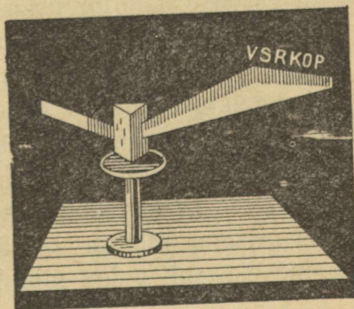
V peatükk.

VALGUSE DISPERSIOON.

118. Valge valguse lahutamine värvusteks. Vaadeldes läbi prisma esemeid, näeme eseme äärtel värvilist palistust. Vaatleme läbi prisma kitsast valget pabeririba, mis on kleebitud mustale kartongile. Kitsa valge riba asemel täheldame võrdlemisi laia heledate värvidega värvitud riba.

Laseme prismale läbi kitsa pilu kimbu päikesekiiri nii, et prisma murdjaserv oleks piluga paralleelne. Lasknud prisma läbinud kiirtekimbu ekraanile, märkame, et kiir pole üksnes kaldunud prisma aluse poole, vaid annab ekraanil kitsa valge riba asemel laia värvilise riba (joon. 196). Murdjanurga tipule lähimal on punane riba, sellele järgneb oranž, siis kollane, roheline, sinine ja lõpuks prisma alusele lähimal olev — violetne.

Läbides prismat, kaldub kiir seda rohkem aluse poole,



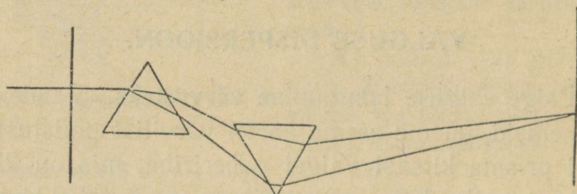
Joon. 196.

mida suurem on murdumisnäitaja. Kõige rohkem kalduvad prisma kõrvale violetid kiired, kõige vähem — punased. Tähendab, valge valguskiir, läbides prisma, jaguneb mitmesuguste värvustega kiirteks, mis omavad erisugust murdumist.

Mitmevärvuselise riba, mis tekkis ekraanil, nimetatakse spektriks¹, valguse lahutamise nähtust ennast nimetatakse aga dispersiooniks.

Sellist valguse dispersiooni näeme looduses vikerkaare kujul; prisma osa mängivad siin vihmapiisad.

Loetledes spektri värvuse ribasid, nimetasime kuut värvust. Tegelikult on ühelt värvilt teisele üleminek järkjärgu-



Joon. 197.

line: on raske öelda, kus algab üks ja lõpeb teine värvus. Iga väga kitsas riba spektris erineb teisest samasugusest naabruses olevast ribast. Täpsemalt öeldes — spekter koosneb hulgast värvustest mitmesuguste varjunditega.

Kui vaadelda läbi prisma kitsast värvilist pabeririba, mis on kleebitud mustale kartongile, või kui teha ekraanisse pilu ja lasta läbi selle pilu teisele prismale spektri ühte värvilist kiirt, siis võib täheldada, et värviline spektrikiir, murdudes teises prisma, muudeks värvilisteks kiirteks enam ei jagune.

Laseme prisma abil saadud spektri värvilised kiired läbi teise prisma, mis on asetatud esimese vastu (joon. 197); saame ekraanil valge pilu kujutise.

¹ Ladinakeelne sõna *spectrum* tähendab kujutis.

Neist katseist järgneb:

Valge kiir laguneb värvilistest kiirtest koosnevaks spektriks; vastupidi: kui juhtida ühte kohta kokku kõik spektri värvilised kiired, siis tekib valge kiir.

Värvilised kiired, milledeks jaguneb valge kiir, omavad mitmesuguseid murdumisnäitajaid: suurimat murdumisnäitajat evivad violetsed kiired, väikseim murdumisnäitaja on punastel kiirtel.

Küsimusi.

1. Milline spektri kiir, läbides kolmetahulist prisma, murdub rohkem, milline vähem?
2. Andke värvuste asetuse järjekord spektris.

119. Kehade värvused. Lastes läbi prisma valge kiire, asetame kiirte teele, mis väljuvad prismast, värvilise läbipaistva plaadi, näiteks punase. Saame ekraanil värvilised ribad, kus on valdavamaks värvuseks punane. Kui lasta lahutatud kiired läbi rohelise plaadi, siis saame ekraanil rohelise riba ja kaovad peaaegu kõik kiired, mida laskis läbi punane plaat.

Selle katse põhjal võib teha järelduse, et läbipaistva plaadi värvus määratakse tema poolt läbilastavate spektri kiirtega.

Valgustame valget paberilehte mitmesugust värvi kiirtega; näeme paberit kord punasena, kord sinisena, kord rohelisena, sõltuvalt kiire värvusest, mis langeb paberile ja peegeldub sealt. Tekitanud spektri valgele ekraanile, asetame sellele tükikesse punast riiet; märkame, et see on must spektri kõigis osades, ainult punane osa spektris näib meile olevat valgustatud. See tähendab, et punane riie, millele langesid kõik kiired, peegeldas ainult punaseid, ülejäänud aga neelas ära.

See katse seletab, mispärast värvilist pinda valge valgusega valgustamisel näeme värvilisena. Valge kiir, langedes värvitud pinnale, peegeldub, kaotades seejuures mõningaid kiiri. Peegeldunud kiired, moodustades ainult osa valgest kiirest, on värvilised kiired.

Iga keha värvus sõltub mitte üksnes tema pinna omadustest, vaid ka neist kiirtest, millega ta on valgustatud. Kui valgustada punast pabeririba rohelise valgusega, siis näeme riba mustana. See on ka täiesti arusaadav: punane pind neelab rohelised kiired ja ei peegelda mingisuguseid. Samal põhjusel omandavad helerohelised taimed päikese loojangu ajal musta varjundi. Samuti muudavad oma varjundit õhtuses valguses kirjud riided.

Hoopis teist nähtust märkame värvide segamisel.

Kahe või kolme värvi segamisel saadakse teise värvusega värvid, kui olid need, mida segati. Kollase ja sinise värvi segamisel saadakse roheline värv, punase ja sinise värvi segamisel — lilla jne. Võib saada mitmesuguseid värvi varjundeid, kui valida värve segamiseks sobivalt.

Et saada värvilisi trükipilte, kasutatakse mõnikord niinimetatud kolmevärvitrükki.

Kolmevärvitrükiks nimetatakse seda seepärast, et selle viisi juures saadakse valgel paberil, kasutades ainult kolme värvi, heledaid värvilisi kujutisi. Selle trükiviisi jaoks võetakse järgmised värvid: kollane, punane ja sinine. Värvilise pildi saamiseks valmistatakse kolm erinevat klišeed¹, üks kliše iga värvi jaoks. Nende klišeede abil tehakse ühes ja samas kohas põhivärvidega kolm jäljendit. Selles kohas, kus jäljendus ainult põhivärv, tekib üks põhitoone. Kohas, kus jäljendus kaks värvi, tekib see või teine segatoon. Kolme värviga jäljendatud kohad annavad pildi musti kohti; kohad, kuhu värv ei sattunud, jäävad valgeks.

Küsimusi.

1. Miks punast paberit, mis on valgustatud valge valgusega, näeme punasena?
2. Millistel tingimustel näeme valget paberit punasena?

¹ Kliše on pildi negatiivne kujutis metallis, puus või muus materjalis.

3. Millist keha nimetame valgeks? Millist keha nimetame mustaks?
4. Miks valge keha näib rohelisena, kui seda vaadelda läbi rohelise klaasi?

120. **Spektraalanalüüs.** Spekter, mis saadakse elektrilambi hõõguvalt niidilt, voltakaarelt, küünla leegilt ja muudelt kuni hõõgumiseni kuumen-datud tahkeilt ja vedelaolt kehadeolt, kujutab enesest pidevat riba, mis koos-neb kõigest katkestamatult üksteise üleminevaist värvustest. Sellist spekt-rit nimetatakse **pidev spektri**ks.

Hoopis teine spekter tekib, kui lasta läbi prisma helendava auru või gaasi valgust. Võtame näiteks keedusoola, paneme selle piirituslambi lee-gisse ja laseme valguse läbi prisma. Me näeme nüüd mitte pidevspektrit, vaid heledat kollast joont. Tõeliselt ei ole siin üks joon, vaid kaks, mis asetsevad teineteisele nii lähedal, et neid võib eraldada ainult väga kee-rukate riistade abil. See on kiirte spekter, milliseid tekitavad keedusoolas leiduva naatriumi helendavad aaurud.

Iga aur või gaas annab oma eri joonspektri: vesiniku spekter koos-neb oranžist, rohelisest ja helesinisest joonest; heeliumi spekter koosneb üheksast joonest, mis asetsevad spektri mitmesugustes osades, jne.

Seega koosneb spekter, mida tekitavad helendavad aaurud ja gaasid, üksikuist värvilistest joontest, mis on üksteisest eraldatud tumedamate vahedega. See on nn. **joonspekter**.

Mitmesuguste aurude ja gaaside spektreid uuritakse hoolikalt. On ole-mas spektrite fotograafilisi ülesvõtteid, nii et uurides mingi auru ehk gaasi poolt tekitatud spektrit, on alati võimalik täpselt kindlaks määrata, milli-sele ainele kuulub antud spekter.

Aine keemilise olemuse uurimist selle spektri järgi nimetatakse **spektraalanalüüsiks**. Spektraalanalüüsi abil on võimalik kindlaks teha mitmesuguste keemiliste ainete olemasolu milligrammi miljondikes osades.

Kui vaadelda päikese spektrit läbi spetsiaalriista — **spektro-skoobi**, mida kasutatakse spektrite vaatlemiseks, siis võib spektri pide-vas ribas täheldada rida tumedaid põikjooni¹ mitmesugustes osades. Et saada aru nende tekkimisest, võib teha järgmise katse. Lambi hõõgniidist või voltakaarest tulevate kiirte teeale asetame piirituslambi leegi, milles hoitakse naatriumitükikest. Näeme, et pidevspektrile tekivad tumedad ribad just neis kohtades, kus peab olema naatriumi kollane joon. See tähendab

¹ Esimesena uuris neid tumedaid jooni saksa füüsik Fraunhofer, mis-pärast neid hakati hüüdma fraunhoferi joonteks.

seda, et naatriumi aurud neelasid just need kiired, mida nad ise välja saadavad. Kui valgete valguskiirte teel on mitmesuguste ainete aurud, siis igaüks neist neelab ära oma kiired. Sel teel saadud spektrit nimetatakse neeldumisspektriks. Järelikult päikese spekter on neeldumisspekter. See osutab sellele, et päikese pinnalt tulevad kiired läbivad aure ja gaase, mis moodustavad päikese atmosfääri. Uurides tumedaid jooni päikese spektris, võime saada selge kujutelmaga päikese atmosfääri koosseisust. See uurimine on näidanud, et Päikesel on üldiselt samad ained, mida leiame Maa peal. Sel teel saame spektraalanalüüsi kaudu teada taevakehade keemilise koosseisu.

121. Spektri nähtamatud osad. Kuumendatud keha värvuse järgi võib otsustada ta temperatuuri üle. Uurides spektreid, mida saadakse kuumendatud traadi abil, tehti kindlaks, et saadud spekter muutub kooskõlas temperatuuri tõusuga. Algul ilmub spektri punane osa, siis liituvad sellele oranž, kollane, roheline jne. Lõpuks valgel hõõgumisel ilmub nähtavale ka violetne riba. Esimesed jäljed spektri punasest osast ilmuvad nähtavale 500°C temperatuuri juures. 1500° temperatuuri juures on nähtav täisspekter.

Kas võib arvata, et spekter algab punasest osast ja lõpeb violetsega? Algab ju traadi kiirgamine mitte üksnes 500° temperatuurist. Kiirte levitamist võib täheldada ka väiksema temperatuuri juures. Spektri uurimised tegid kindlaks, et spekter ei piirdu nähtava osaga. Spektri punase ja violetse osa taga on ribad, mida meie ei näe, kuna kiired, mis neid ribasid annavad, meie silma ei mõjuta, kuid neid võib kindlaks teha teiste meetoditega. Kiiri, mis asetsevad spektri punase osa taga, nimetatakse infrapunasteks (infra tähendab 'madalam'). Need kiired avaldavad, võrreldes teiste kiirtega, tunduvalt suuremat soojusmõju. Neid tehakse ilmsiks, tuues spektri infrapunasesse ossa riistu, millede abil võib täheldada isegi nõrka soojust. Spektri infrapunane osa on ligikaudu 10 korda pikem kui spektri kogu nähtav osa.

Spektri nähtamatu osa, mis järgneb violetseile kiirtele, moodustavad ultravioletsed kiired (ultra — kõrgem). Becquerel (l. bekrêl) leidis 1842. a., fotografeerides spektrit, et ülesvõttel suurenes spekter kuni kolm korda. Ultravioletsed kiired ilmutavad keemilist toimet.

122. Valguse keemiline toime. On teada, et taimede rohelistes osades päikese kiirte mõjul toimub õhust võetud süsihapu gaasi lagunemine süsinikuks ja hapnikuks. Süsinik läheb taime kudede ehitamiseks, hapnik aga eritatakse taime poolt taas õhku, mistõttu on nii kerge hingata põldudel ja metsas.

Värviline riie, mis on kaua päikese kiirte mõju all, pleegib. Nii pleegitatakse linast riiet, laotades seda heleda päikesevalguse kätte.

Need näited on selle tõenduseks, et päike võib kutsuda esile keemilisi nähtusi. Kui värviline riie pleegib, siis nähtavasti toimuvad värvis mõnesugused keemilised muutused. On pandud tähele, et valge fosfor läheb päikesekiirte mõjul punaseks. Tsinnoober — punane kristalne pulber — musteneb valguse toimel ja muutub amorfseks. Mitmesugused liigid värvitud klaase muutuvad vähehaaval värvilisteks, omandades kollase, roheline või violetse varjundi.

Suvine päevitus, valulised põletushaavad nahal, mis tekitavad päikese kestvast toimest, puuviljade eredad värvused — kõik need on näited päikese kiirte keemilisest toimest. Päikese kiirtel on suur tähtsus sanitaar- ja hügieenialal, sest nende mõjul hävivad bakterid ja pannakse seisma haigust põhjustavad moodustised organismis.

Valguse keemilist toimet kasutatakse fotograafias.

Et uurida, kuidas mõjuvad keemiliselt mitmesuguse värvusega kiired, võib sooritada sellise katse.

Asetame kopeerimisraami negatiivi asemele klaasi, millele on tõmmatud mitmesuguste värvustega ribad, ja vaa-

tame, millist mõju avaldavad mitmevärvilised kiired foto-paberile.

Ilmneb, et see osa paberit, mis oli punase riba all, jääb valgeks, see osa paberit, mis oli kollase riba all, on nõrgalt tumenenud; kõige märgatavam on tumenemine sinise ja violetse riba all.

Laboratooriume, kus toodetakse valgustundlikke plaate ja paberit ning kus valmistatakse pilte, valgustatakse punase valgusega, sest kõige nõrgemat keemilist toimet avaldavad punased kiired. Mida lähemal on kiirte värvus spektri violetsele äärelle, seda tugevam on kiirte keemiline toime. Veel tugevamat keemilist toimet avaldavad ultravioletsed kiired.

123. Kiirgusenergia muundumine teisteks energia liikideks.
Päike energia allikana Maa peal. Peaaegu kõikide energia-liikide allikaks Maa peal on kiirgusenergia, mis tuleb meile Päikeselt ja muundub Maa peal soojuste, keemilise ja muudeks energia liikideks. On vaja vaid kujutella, mis toimuks Maa peal, kui Päike ei valgustaks Maad igapäev. Me tunneme selliseid kohti Maa peal kaugel teispool polaarjoont põhjas, kus päike ei näita end mitme kuu jooksul. Seal on igavene jää ja lumi.

Kõikjal Maa peal näeme päikesekiirte töö jälgi. Tänu Päikesele puhuvad tuuled, kogunevad pilved, täituvad veega ja voolavad jõed, töötavad vee- ja tuulemootorid. Übermuudetud päikese-energiat kasutavad hüdroelektri-jaamad.

Päikesekiirte mõjul aurustub merede, järvede ja jõgede vesi, tõuseb üles, tiheneb seal pilvedeks, kantakse tuulest Maa kõigisse kohtadesse ja langeb alla sademete kujul, toites seega Maad niiskusega ja andes alguse arvukaile jõgedele, mis kannavad vee meredesse ja järvedesse. Nii toimub vee pidev ringkäik päikese kiirgusenergia mõjul. Ent päikesekiirte osa ei piirdu sellega. Me teame, kuivõrd taimede ja loomade elu sõltub valgusest ja päikesekiirte soojusest. Tai-

medes toimub Päikese poolt levitatud kiirgusenergia muundumine keemiliseks energiaks. Seda taimede keemilist energiat kasutame meie ära, tarvitades taimi toiduks või põletades neid kui kütust. Kivisüsi, olles meie energeetilistest ressurrssidest¹ üheks olulisemaks, kujutab enesest jäänuseid metsadest, mis kunagi täitsid Maa peal suuri maa-alasid. Peaaegu meie silme all kujunevad soodes kõdunevaist taimedest turbakihid, mis annavad suurt kütte-tagavara.

Taimedest toituvate loomade energia ja inimese energia — kõige selle allikaks on Päikese kiirgusenergia.

Kui suur on kogu see võimsus, mida toovad Maa peale päikesekiired? Selle võimsuse arvestus andis tohutu arvu: üle 200 biljoni hobujõu, või ligi 150 biljonit kilovatti. See võimsus võrdub 2 miljoni sellise elektrijaama võimsusega, nagu seda on Volhovi jaam või 300 tuhandele sellisele jaamale nagu Dnepri jaam, kui lugeda Dnepri jaama täisvõimsuseks ümmarguselt 500 tuh. kilovatti.

Katsed on näidanud, et iga ruutsentimeeter maakera pinda, mis on risti päikesekiirtega, saab minutis 2 väikest kalorit (kui mitte arvestada atmosfääri neelamist).

See tähendab, et 1 m²-le langevate päikesekiirte võimsus ületab poolteist hobujõudu ehk on üle ühe kilovati. Kui võiksime ära kasutada kas või 1% sellest päikese energiast, mis langeb meie linnade katustele, siis kataksime küllaga oma elektrienergia kogu tarviduse.

Elektrienergia peamiseks allikateks tehnikas on kütuse-tagavarad (kivisüsi, nafta, turvas). Kütuse-tagavarad, mida loodus on kogunud palju aastaid, vähenevad iga päevaga ja isegi iga tunniga. Seepärast omistatakse nüüdsel ajal päikesekiirte energia vahetule kasutamisele suurt tähelepanu.

¹ Ressurss — tagavara.

VASTUSEID KÜSIMUSTELE JA HARJUTUSTELE.

§ Nr.	Vastused.	§ Nr.	Vastused.
44 2.	Ei ole ühesugused.	88 3.	Ei ole.
45 7.	0,13 oomi.	89 3.	Päikese kujutised.
50 1.	Võrdsed.	90 1.	Ei ole.
50 2.	Vähem.	92 1.	12,5 luksi.
50 3.	Ühe juhi takistus.	92 2.	50 cm.
51 1.	55 vatti.	92 3.	44,4 luksi.
51 2.	0,8 kW.	94 2.	Kaks korda kõrgemale.
51 3.	0,9 amprit.	96 2.	45°.
63 2.	Mitte alati. Muutub.	96 3.	120°, 160°.
64 1.	Ei või.	98 2.	Paberit.
66 3.	Maa magnetilise välja mõjul.	100 4.	Peafookuses.
69 2.	Mähise amperkeerdude arvust.	102 2.	120 000 km/sek.
71 2.	Maa.	102 3.	1,15 (kroonklaas).
74 2.	AB — meie suunas. CD — meist eemale.	Juhis.	Valguskiirus klaasis ja- gada valguskiirusega vees.
80 1.	Vahelduv.	107 1.	Vastupidised.
81 2.	Vahelduv.	119 2.	Punase valgusega valgus- tamisel.

VASTUSEID ÜLESANNETELE.

Elekt.	IV peatükk.
III peatükk.	1. Raudne $\approx$ 7,4 korda.
Nr.	2. 0,875 oomi.
2. Positiivset.	3. 0,65 oomi.
9. 7 000 kulonit.	4. 91,4 m.
10. Hõbedat eraldub rohkem.	5. Ligikaudu 571 m, 77 m, 22 m, 312 m.

6. $\approx 3,7 \text{ mm}^2$.
7. $2,25 \text{ mm}^2$.
8. 70,7 oomi.
9. Ligi 90 m.
10. 0,25 oomi.
11. 1,75 oomi.
12. $\approx 1,1 \text{ kg}$.
14. Ligikaudu 6730.
15. $0,52 \text{ mm}^2$.
16. $0,00025 \text{ mm}^2$.
17. $0,11 \text{ mm}^2$.
19. Õiged.
20. 500 volti.
21. 8,1 oomi.
22. Ei ole.
23. Vasktraati mõõda: pinge on traadi otstes võrdne, kuid vasktraadi takistus on väiksem.
24. 1 000 oomi.
25. 4 volti.
26. 3 volti.
27. 1,375 amprit.
28. 40 amprit.
29. 480 oomi.
30. 7,36 kilovatti.
31. 6 kilovatt-tundi.
32. 40 kilovatti.
33. $\approx 8,4 \text{ amprit}$.
34. Ligikaudu 417 amprit.
35. $\approx 27,6 \text{ oomi}$.
36. Ligikaudu 9813 amprit.
37. 1 rbl. 20 kop.
38. 3 amprit.

V peatükk.

1. Nikeliintraat.
2. Raudses.
4. Kuni 100° .
8. 20,736 kilokalorit.

9. 5 808 cal.
10. 230,4 cal.
11. 240-voldise pingega võrgus eraldub 4 korda rohkem soojust.
12. 4 min. 35 sek.
13. 10,89 oomi.
14. 518,4 kcal.
15. $\approx 95 \text{ kcal}$.
16. Umbes $1,2^\circ$.
17. $\approx 9,3 \text{ amprit}$.
19. 56,76 m.
20. $\approx 17,2 \text{ oomi}$;
 $\approx 11,6 \text{ amprit}$.
21. $\approx 91,7\%$.

VII peatükk.

7. 45 kilovatti.
8. Umbes 67 amprit.

VIII peatükk.

2. 40 keerdu.
3. 2 200 keerdu.
4. 400 volti.
5. 10 000 volti.
7. 2 200 volti; 50 amprit; 5 amprit.
8. 1 : 2. Voolu tugevus sõltub transformatori sekundaarse mähise koormatusest.
9. $\approx 436\,000 \text{ amprit}$;
 $\approx 417 \text{ amprit}$.
10. a) 19,2 kcal. b) 20 000 amprit.

Valgus.

I peatükk.

1. 300 000 km/sek.
2. 150 000 000 km.
4. $\approx 1,3 \text{ sek}$; $8\frac{1}{3} \text{ min}$.
5. 37,5 m.

6. 45° nurga all.
7. $\approx$ 376 000 km.
8. $\approx$ 1 397 000 km.
9. 4 m.

II peatükk.

1. 3 m.
2. 12,5 luksi.
4. 1000 milj. küünalt.

5. 20 000 luksi; 1 250 luksi.
6. 1 m.
7. 1 : 4.
8. 1 luks ja 2 luksi.
9. Ei ole küllaldane.

III peatükk.

9. Väga palju.
12. Peegli peafookuses.
14. " "

SISUKORD.

Elekter.

I peatükk.	Lk.	Lk.
Sissejuhatus	3	19. Laengute liikumine juhis 30
1. Teadmeid elektri ajaloost	3	20. Elektriahel 32
2. Elekter rahvamajanduses	5	21. Elektrivool 33
3. Elekter sõjaasjanduses	5	22. Elektrivoolu suund 35
		23. Elektrivoolu ringide näi- teid 36
		24. Laboratoorne töö nr. 1 37
		Ülesandeid 37

II peatükk.	Lk.
Algteadmisi elektrist.	
4. Elektriseerimine	6
5. Kahte liiki laengud	7
6. Laengute vastastikune mõju	8
7. Coulomb'i seadus	10
8. Elektroskoop	11
9. Juhid ja isolaatorid	12
10. Elektri jaotumine juhti- del	15
11. Aine elektriline ehitus	17
12. Elektriseerumisahtuse seletus aineehituse elekt- ron-teooria alusel	18
13. Elektriseerimine indutsee- rimisega	18
14. Elektrimasin	21
15. Elektriväli	22
16. Kondensaator	24
17. Elektrilisi nähtusi atmo- sfääris	27
18. Piksevarras	29

III peatükk.	Lk.
Elektrienergia muundumine keemi- liseks energiaks ja vastupidi.	
25. Elektrivool metallides	38
26. Elektrolüüs	39
27. Vasevitrioli lahuse elekt- rolüüs	42
28. Lahjendatud väävelhappe elektrolüüs	42
29. Elektri hulk. Kulon	43
30. Volta element	44
31. Grenet' element	45
32. Leklanšee element	45
33. Akumulaatorid	47
34. Akumulaatori kasutamine tehnikas	47
35. Elektrolüüsi kasutamine tööstuses	48
36. Vase rafineerimine	48
37. Alumiiniumi saamine	49
38. Galvanoplastika	50
39. Galvanosteeogia	51
Ülesandeid	52

IV peatükk.

Elektrivoolu seadused.

	Lk.
40. Voolutugevus	53
41. Voolutugevuse ühik	54
42. Ampermeeter	54
43. Laboratoorne töö nr. 2	57
44. Juhtide takistus	57
45. Juhtmete takistuse arvestus	58
46. Reostaadid	60
47. Pinge	61
48. Pinge mõõtmine voolimeetriga	62
49. Ohm'i seadus	64
50. Laboratoorne töö nr. 3	66
51. Voolu töö ja võimsus	67
52. Elektrivoolu tööühikud	68
Ülesandeid	69

V peatükk.

Elektrienergia muundumine soojusenergiaks.

53. Voolu soojustoimed	71
54. Joule'i ja Lenzi seadus	72
55. Laboratoorne töö nr. 4	73
56. Soojendusriistad	74
57. Hõõglamp	75
57-a. Sulavkaitsmed	77
58. Voltakaar	78
59. Elekterkeevitamine	79
Ülesandeid	80

VI peatükk.

Elektromagnetiline väli.

60. Magnetilisi põhinähtusi	81
61. Magnetnõel	83
62. Kompass	84
63. Pooluste vastastikune mõju	84
64. Magneti ehitus	85
65. Magnetiline väli	86

Lk.

66. Maa mahnetiline väli	89
67. Voolu magnetiline väli	91
68. Magnetismi elektriline olemus	93
69. Elektromagnet	96
70. Elekterkõlisti	97
71. Morse telegraaf	98
72. Mikrofon ja telefon	101
Ülesandeid	103

VII peatükk.

Elektrienergia muundumine mehaaniliseks energiaks.

73. Vooluga juhtmete liikumine magnetilises väljas	105
74. Vooluga raam magnetilises väljas	106
75. Elektrimootor	107
76. Laboratoorne töö nr. 5	111
77. Elektrimootorite rakedamine	111
Ülesandeid	118

VIII peatükk.

Elektromagnetiline induktsoon.

78. Induktsioonivool	119
79. Vahelduva pinget saamine	122
80. Vahelduvvoolu generaator	124
81. Alalisvoolu dünamo	125
82. Generaatori magnetiline väli	127
83. Dünamomasina pööratavus	128
84. Elektrienergia edasiandmine	129
85. Transformaator	131
86. Voolu tee jaamast tarbijani	132
87. NSV Liidu elektrifitseerimine	133
Ülesandeid	136

Valgus.

I peatükk.

Valguse levimine.

	Lk.
88. Valguse kiirus	138
89. Valguse sirgjooneline levimine	140
90. Vari ja poolvari	143
91. Päikese ja Kuu varjutus Ülesandeid	144 145

II peatükk.

Valguse tugevus ja selle mõõtmine.

92. Valguse tugevus ja pinnavalgustuse tugevus	146
93. Valgustuse tähtsus tehnikas ja ühiskondlikus elus	150
94. Kahe valgusalika valgustugevuse võrdlemine	151
95. Laboratoorne töö nr. 1 Ülesandeid	152 153

III peatükk

Valguse peegeldumine.

96. Valguse peegeldumise seadused	154
97. Hajuv peegeldumine	155
98. Läbipaistvad ja läbi- paistmatud kehad	156
99. Tasapeegel ja selle kasutamine	157
100. Peegeldumine nõguspeegli	160
Ülesandeid	164

IV peatükk.

Valguse murdumine.

	Lk.
101. Valguse murdumise mõiste	165
102. Laboratoorne töö nr. 2	167
103. Optilisi nähtusi atmosfääris	170
104. Murdumine kolmetahulisel prisma	171
105. Laboratoorne töö nr. 3	172
106. Läätsed	173
107. Laboratoorne töö nr. 4	177
108. Kujutiste geomeetriline ehitamine	178
109. Luup	179
110. Fotoaparaat	180
111. Projektsiooniaparaat	182
112. Kino	183
113. Mikroskoop	184
114. Laboratoorne töö nr. 5	184
115. Teleskoop	185
116. Binokkel	186
117. Laboratoorne töö nr. 6	186

V peatükk.

Valguse dispersioon.

118. Valge värvuse lahutamine värvusteks	187
119. Kehade värvused	189
120. Spektraalanalüüs	191
121. Spektri nähtamatud osad	192
122. Valguse keemiline toime	193
123. Kiirgusenergia muundumine teisteks energia liikideks. Päike energiaallikana Maa peal	194
Vastuseid küsimustele ja harjutustele	196
Vastuseid ülesandeile	196



Toode :

Kaustik

Artikkel :

672-7

Suurus :

144x203

Rbl. 4.—

Hind :

Tk. :

GOST/OST :

Praakija :

Tr. „Kommunist“, Tallinn 1950. Tell. nr. 444. 200 000.

Tõlkinud A. Ilves.

II trükk.

Vastutav toimetaja M. Usai.

Keeleline toimetaja J. Pedari.

Ladumisele antud 9. IV 1949. Trükkimisele antud 9. VI 1949. Trüki-
arv 13 000. Paber 56 : 79, $\frac{1}{16}$. Trükipoognaid 12,75. Arvutuspoognaid 11,7.
Trükitähti trükipoognas 37 380. MB-04267. Trükikoda «Kommunist»,
Tallinn, Pikk tän. 2. Tellimise nr. 1662.

На эстонском языке.

Г. И. Фалеев и А. В. Перышкин. Физика. II часть. Для VII класса.

Rbl. 5.—

A-14942

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00497316 2

49 057