

A-18424 II

A. PJORÕŠKIN, G. FALEJEV,
V. KRAUKLIS

FÜÜSIKA

7.

KLASSILE



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN
1950

A. PJORÕŠKIN, G. FALEJEV,
V. KRAUKLIS

FÜÜSIKA

ÕPIK VII KLASSILE



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1950

SOOJUS.

I peatük k.

AINE OLEKU MUUTUMINE.

1. **Aine üleminek ühest olekust teise.** Paljud ained, mida meie harilikult näeme tahketena, vedelatena või gaasitaolistena, lähevad temperatuuri muutuse tagajärjel ühest olekust teise. Vesi muutub jahtudes alla 0° kõvaks jääks. Jää, mis on külma käest tuppä toodud, sulab, muutudes veeks. Joodi kristallid tekitavad soojenedes violetseid aurusid, mis sadestudes neid sulgeva katseklaasi seintele, muutuvad uuesti tahketeks joodi kristallideks¹.

Soojendades vett võime vee muuta auruks, aga jahutades auru saame taas vee.

2. **Sulamine ja tahkestumine.** Aine üleminekut tahkest olekust vedelasse olekusse, mis on kutsutud esile temperatuuri muutuse tõttu, nimetatakse sulamiseks. Aine üleminekut vedelast olekust tahkesse olekusse nimetatakse tahkestumiseks.

Selleks, et jää hakkaks sulama, on küllalt, kui teda tuua külma käest sooja tuppä. Naftaliini kristallid, mis harilikus temperatuuris on tahkes olekus, sulavad, kui kristallidega täidetud katseklaas asetada keevasse vette. Tükk inglisis- või seatina võib sulatada raudlusikas, kuumutades seda piirituslambil või priimusel. Vase, raua ja

¹ Kristalliliseks nimetatakse aine olek, kui ta osakesed asetsevad teatud korras ja annavad kehale korrapärase geomeetrilise kuju.

malmi sulatamiseks on vajalik väga kõrge temperatuur, mis saadakse eriahjudes. Järelikult erisugused ained sulavad eri temperatuuridel.

Õuest külma käest tuppa toodud jää või lume temperatuur on alla 0° . Toas soojeneb jää aegamisi, temperatuur tõuseb kuni 0° -ni. Siis hakkab jää sulama, kuid termomeetri elavhõbedasammas ei tõuse üle 0° , kuni pole sulanud kogu jää. Lõpuks on sulanud kõik jää, elavhõbe hakkab tõusma, näidates, et jääst tekkinud vesi soojeneb. Tähendab, jää sulab täiesti kindlal temperatuuril.

Temperatuuri, mille puhul toimub sulamine, nimetatakse sulamispunktiks.

Katseliselt on tehtud kindlaks, et:

- 1) kristallilised kehad sulavad igale kehale omasel kindlal temperatuuril;
- 2) erinevate ainete sulamispunktid on erinevad;
- 3) sulamise ajal keha temperatuur ei muutu;
- 4) jahtudes keha tahkestub samal temperatuuril, millel ta sulas;
- 5) tahkestumisprotsessi ajal keha temperatuur ei muutu.

Mõned ained nõuavad sulamiseks väga kõrget temperatuuri, teisi tuleb aga tublisti jahutada, et nad muutuksid tahkeks kehaks.

Sulamispunktid (Celsiuse kraadides).

Heelium	—272	Seatina	327
Lämmastik	—210	Tsink	419
Piiritus	—114	Alumiinium	658
Elavhõbe	—39	Kuld	1064
Jää	0	Vask	1073
Inglitina	232	Plaatina	1767
Raud, tehniline	1170—1440	Volfram	3370
Raud, puhas	1525	Süsinik	3500
Portselan	1550		

3. Laboratoorne töö nr. 1. Töö eesmärk — naftaliini sulamis- ja tahkestumispunkti määramine.

Riistu ja materjale: lai katseklaas, termomeeter, naftaliin, keeduklaas või plekknõu, piirituslamp.

Tööjuhend.

Katseklaas ühes naftaliini pulbriga, milles on termomeeter, tuleb asetada vette, mida soojendada piirituslambi väikesel leegil (joon. 1).

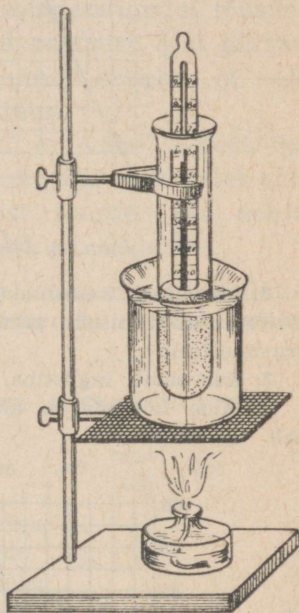
Kui naftaliin on soojenenud kuni 50° , vaadake iga minuti järel naftaliini temperatuuri ja märkige see vihikusse. Soojendage naftaliini kuni 90° . Seejärel võtke ta palavast veest välja ja laske tal õhu käes jahtuda, jätkates iga minuti järel naftaliini temperatuuri märkimist, seni kui ta jahtub kuni 60° .

Kandke vaatluse andmed ruudulisele paberile naftaliini temperatuuri muutuse graafikuna, olenevalt soojendamise ajast (seesuguse graafiku näidis on joonisel 2).

Saadud joonis näitab, mis on toimunud naftaliiniga tema soojendamisel.

Naftaliini soojendamisel toimub järgmist:

1) naftaliin soojeneb sulamispunktini — tahke naftaliini temperatuur tõuseb; 2) naftaliin sulab — temperatuur ei muutu; 3) sulanud naftaliin soojeneb; 4) naftaliin võeti piirituslambilt — naftaliin jahtub; 5) naftaliin tahkestub — ta temperatuur ei muutu; 6) tahkestunud naftaliin jahtub.

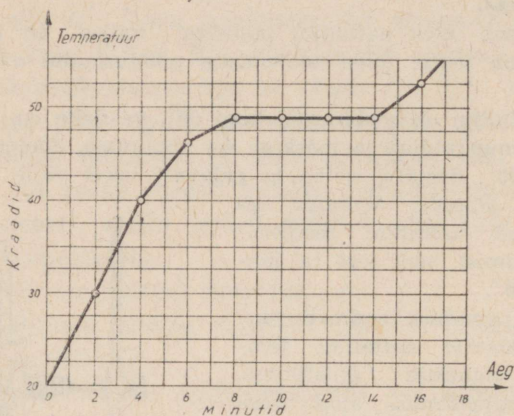


Joon. 1. Naftaliini sulamine.

Harjutus 1.

1. Joonisel 3 on antud mingi tahke keha temperatuuri muudatuste tabel ühes soojenemisajaga.

Määrake selle graafiku järgi: a) missuguse temperatuuri puhul see keha sulab; b) kui kaua kestis soojenemine alates 60° kuni sulamispunkti; c) kui kaua kestis sulamine; d) missuguse temperatuurini soojendati ainet vedelas olekus.

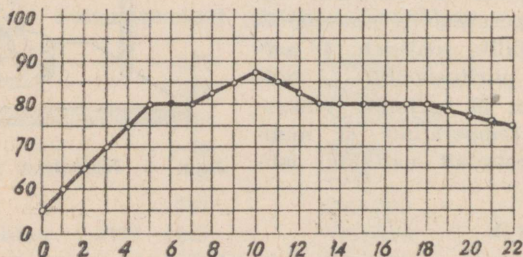


Joon. 2. Naftaliini sulamise graafik.

2. Mispärast kasutatakse külmades rajoonides välisõhu temperatuuri mõõtmiseks piiritustermomeetreid, mitte aga elavhõbe-termomeetreid?

3. Kas sulab inglistina, kui teda visata sulatatud seatinasse?

4. Mida kõrgem on hõõguva keha temperatuur, seda heledamalt ta kiirgab.



Joon. 3. Keha soojenemise graafik.

Elektrilambi niidikesed tehakse metallidest: volframist, tantalist või iriidiumist. Millega seletada nende metallide kasutamist elektrilambi niididena?

5. Missuguses olekus on piiritus — 120° temperatuuril?

6. Missuguses olekus on tehniline raud 1500°-sel temperatuuril?

4. Sulamissoojus. Kui soojendada plekknõu, milles on lund, siis sulab lumi, kuid ta temperatuur jääb 0° nii kaua, kuni leidub veel sulamata lund, ja ainult pärast seda, kui on sulanud viimne lumekübe, hakkab tõusma tekkinud vee temperatuur. Kuid piirituslamp põles ju kogu aja, kui sulas lumi, ja kuna temperatuur ei tõusnud, siis tuleb sellest järeldada, et lume sulamise ajal piirituslambi poolt antud soojus kulus ainult selleks, et sulatada lund, tõstmata tema temperatuuri.

Järelikult, et tahke keha sulaks, on vähe sellest, kui tõsta ta temperatuur sulamispunktini, vaid talle tuleb anda sulamiseks veel teatud hulk soojust juurde. See soojus läheb keha muutmiseks tahkest olekust vedelaks.

Soojushulka, mis on vajalik 1 g tahke aine vedelikuks muutmiseks, ilma et muutuks temperatuur, nimetatakse sulamissoojuseks.

Erinevail aineil on sulamissoojus erisugune.

	Sulamissoojus	$\frac{\text{cal}}{\text{g}}$	-des	või	$\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$	-des.
Alumiinium	90		Inglistina		15	
Jää	80		Seatina		5,0	
Raud	49		Elavhõbe		2,8	
Vask	41		Piiritus		26	

Harjutus 2.

1. Mitu kalorit on vaja, et sulatada 4 kg jääd, mille temperatuur on 0°?

2. Kui palju vajatakse kaloreid 20 g seatina sulatamiseks, kui selle temperatuur enne soojendamist oli 12°?

5. **Soojuse eraldumine tahkestumisel.** Sulatatud naftaliini jahtumisel temperatuur langeb. Niipea kui temperatuur jõuab tahkestumispunktini, lõpeb temperatuuri langemine, kuigi naftaliin kahtlemata jätkab soojuse kaotust. Naftaliini temperatuur jääb muutumatuks, kuni on tahkestunud kogu naftaliin. Niipea kui naftaliin on tahkestunud, hakkab ta temperatuur uuesti langema. Mispärast aga ei langenud naftaliini temperatuur tahkestumise ajal? Seepärast, et tahkestumisel eraldub soojus ja see soojus korvab (teeb tasa) soojuse kao naftaliini ümbritsevasse ruumi.

Täpsed katsed näitavad, et aine eraldab tahkestumisel selle soojushulga, mis kulus tema sulamiseks.

Harjutus 3.

1. Sulav jää toodi ruumi, mille temperatuur on 0° . Kas jää sulab selles ruumis?

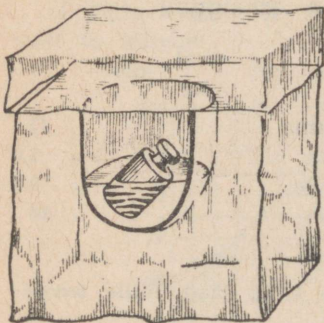
2. Millega tuleb seletada, et kevadel jäämineku ajal on jõe läheduses külmem kui jõest kaugemal?

3. Kui suur hulk soojust vabaneb 125 kg vee muutumisel jääks 0° puhul?

4. 5 liitrisse vette, mille temperatuur oli 40° , asetati 3 kg jääd. Kui palju jääd sulab ära?

5. Asetage pliidile kaks pleknõu. Ühte valage kraanist 200 g vett, teise pange 200 g lund. Vaadake kella järgi, kui palju on vaja aega selleks, et vesi hakkaks keema mõlemas nõus. Kirjutage oma katsest lühike aruanne ja seletage ära katse tulemused.

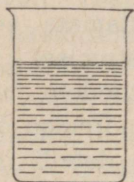
6. Valgevasest 1 kg-ne kaaluvihit, mis on soojendatud 100° -ni, on pandud jäässe tehtud süvendisse (joon. 4). Mitu grammi jääd sulab ära, kui vihi temperatuur langeb 0° -ni?



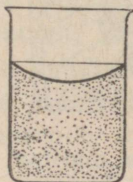
Joon. 4.

6. Ruumala muutumine sulamisel ja tahkestumisel.

Visanud sulatatud parafiinisse tükikese tahket parafiini, märkame, et ta vajub anuma põhja — upub. Järelikult on tahke parafiin raskem kui vedel. Sulatame oma anumaskogu parafiini ja märgime ära saadud vedeliku ülemise tasapinna (joon. 5). Pärast seda, kui parafiin on anumasko-



Joon. 5.



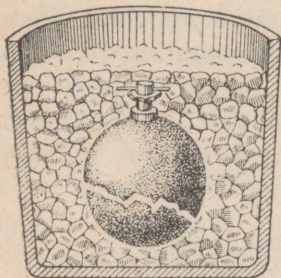
Joon. 6.

hanganud, märkame, et ülal on tekkinud nõgu (joon. 6). Hangunud parafiin võtab järelikult enda alla väiksema ruumala kui sula parafiin.

Katsed näitavad, et enamik aineid tahkestumisel vähe-
neb ruumalalt. Erandiks sellest reeglist on ainult vähesed
ained, näiteks jää ja malm.

Kui pudel vett täis valada ja ta kinnikorgituna külma
kätte asetada, siis lõhub vesi külmudes pudeli. Ruumala
suurenemine vee muutumisel jääks võib kutsuda esile
väga suuri jõude. Kui vett külmutati küllaltki paksudes
kinnistes malmpommides, lõhkesid need pommid (joon. 7).
Vesi, tungides kivide pragudesse ja külmudes seal, suu-
rendab järk-järgult neid pragusid ja purustab kivid.
Samuti lõhkevad veetorstiku torud, kui neis vesi juhtu-
misi külmub. Sellepärast võetakse tarvitusele abinõusid,
et seda ei juhtuks: välistorud kaevatakse sügavasse

maasse, torud aga, mis sisenevad ruumidesse külmades kohtades, ümbritsetakse soojust halvasti juhtivate ainetega.



Joon. 7. Veega täidetud malmpommi lõhkemine.

Malmi ruumala suurenemine tahkestumisel võimaldab saada malmi valamise teel kunstipäraseid asju. Tahkestudes täidab malm vormi peenimadki süvendid.

Vaatamata sellele, et malm tahkestumisel paisub, tuleb malmtoodete jaoks teha vormid suuremad, kui seda on valatava detaili mõõted, sest et malm tahkestub 1130° temperatuuril, aga pärast jahtudes

normaaltemperatuurini, tõmbub tugevasti kokku. Seda nähtust nimetatakse kahanemiseks.

7. Sulamine ja tahkestumine aine molekulaarehituse õpetuse alusel. Me nägime, et tahketes kehas on külgetõmme molekulide vahel väga suur. On vaja tunduvat jõupingutust, et tahke keha ühte osa eraldada teisest. Tahke keha säilitab oma kuju. See on võimalik üksnes sel tingimusel, kui molekulid tahkes kehas ei liigu korrapäratult naaber-molekulide vahel, vaid ainult võnguvad nagu pendel. Ka rivis ei ole inimesed täiesti liikumatud. Iga inimene, jäädes rivis kindlasse kohta, liigub kergelt, kuid need väikesed liikumised ei riku rivistuse kuju.

Nagu teada, paisub keha soojenedes. Seda võib seletada sellega, et tahke keha soojenemisel suureneb molekulide võngete sagedus ja ulatus. Külgetõmme molekulide vahel seejuures nõrgeneb.

Lõpuks, molekulide liikumis-energia teatud suuruse

puhul, mis on täiesti kindel iga keha kohta, tahke keha molekulid nagu hajuksid, nad hakkavad liikuma teiste molekulide keskel mitmesugustes suundades, kaootiliselt, korrapäratult.

Molekulide sellise liikumise puhul ei ole enam tahket keha. Tahke keha muutus vedelikuks, sulas.

Jahtumisel toimub kirjeldatud nähtus vastupidises järjekorras. Vedeliku jahtumisel molekulide kiired liikumised aeglustuvad. Teatud kiiruse puhul hakkavad nad üsna tugevasti üksteisele ligi tõmbuma: molekul molekuli järel võtab kindla koha. Esimesele kohaleasunud molekulile liitub teine, selle järel kolmas jne. Väheneb kaootiliselt liikuvate molekulide arv, suureneb molekulide arv, mis moodustavad kindla keha. Toimub tahkestumine, mille juures võnkuvad molekulid asetuvad üksteise lähedale kindlas korras.

8. Aurumine. Märja lapiga puhastatud klassitahvel kuivab väga kiiresti: vesi muutub auruks — aurub. Samuti kuivavad põrandad peale pesemist, märg pesu, mis riputatud välja kuivamiseks, juhuslikult põrandale valatud vesi, tint, millega äsja kirjutati paberile.

Auruks muutub mitte üksnes vesi, vaid ka muud vedelikud. Kui riideid puhastatakse bensiiniga, on toas igal pool tunda bensiini lõhna. See tuleb sellest, et bensiin aurustub ja tema aarud segunesid toa õhuga. Samuti auruvad piiritus, petrooleum, eeter ja kõik muud vedelikud.

Auruvad mitte üksnes vedelikud, vaid ka tahked kehad. Mõnede kehade aurumine on väga kergesti täheledatav, kuna nad lõhnavad. Auruvad naftaliin ja kamper. Aurub ka jää, nii et pakase käes võib kuivatada pesu, mis teatud aja jooksul muutub jäätunud olekust kuivaks.

Vaatlused näitavad, et erinevais tingimuses toimub ka aurumine erinevalt.

Märg käterätik kuivab kiiremini palava pliidi kohal kui jahedas toas. Hommikul päikese tõusmisel soojeneb maa ja kaste aurub kiiresti. Veeklaas võib kaua seista toas ja pole märgata, kuidas vesi sellest aurub. Sama veehulk valatuna põrandale kuivab ära seda kiiremini, mida suurema pindala võtab enda alla mahavalatud vesi.

Pesu kuivab kiiremini tuule käes kui vaikse ilmaga.

Käsiteldud näited viivad meid järgmistele otsustele:

1) vedeliku aurumine toimub iga temperatuuri puhul, kuid ta toimub seda kiiremini, mida kõrgem on temperatuur;

2) aurumise kiirus sõltub pinna suuruselt, mis on auruval vedelikul;

3) aurumine suureneb õhu liikumisel auruva vedeliku pinna läheduses.

Mähime kahel termomeetril kuulikesed vatiga ja niisutame seejuures ühe termomeetri vatti veega toa temperatuuril. Märja vatiga termomeeter näitab madalamat temperatuuri kui kuiv.

Mähime termomeetri kuulikese vatiga, ja asetanud termomeetri eetrisse, mõõdame eetri temperatuuri. Ilmneb, et selle temperatuur erineb veidi toa temperatuurist. Võtame termomeetri eetrist välja ja lehvitades seda, laseme eetril auruda. Termomeetri temperatuur langeb järsult ja laskub alla 0° . Need nähtused tõendavad, et ka aurumiseks on soojus vajalik. Auruv vedelik jahtub, kui ta ei saa juurde soojust.

Harjutus 4.

1. Täitke väike katseklaas veega ja valage vesi lamedale taldrikule.

Täitke uuesti sama katseklaas veega ja asetage ta vaiksesse

kohta (näit. kapi otsa), andes veele võimaluse auruda katseklaasist. Märkige üles katse alguse kuupäev ja tund.

Kui taldrikult on aurunud kogu vesi, kirjutage aeg uuesti üles.

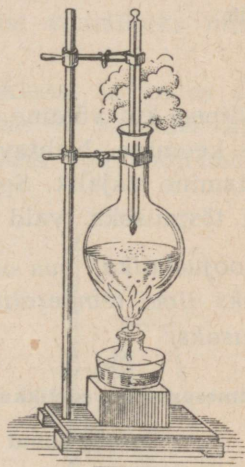
Kirjutage üles aeg, kui katseklaasist on aurunud $\frac{1}{4}$ osa kogu veest.

Mõõtke ära katseklaasi ja taldriku diameeter, määrake kindlaks löikepind ja kirjutage aruanne.

2. Võtke väikese hernetera suurune naftaliinitükk, pange ta alustassile ja tehke pulbriks.

Kirjutage üles katse algus ja tehke kindlaks, kui pika aja jooksul muutub kogu naftaliin auruks (sublimatsioon).

9. Keemine. Soojendades piirituslambi kohal keeduklaasi veega, võib täheldada, et keeduklaasi seintele ilmuvad väikesed mullikesed, mis tõusevad üles. See on õhk, mis oli vees. Kui vesi on küllaldaselt soojenenud, hakkavad keeduklaasi põhjast tõusma suured gaasimullid. Need mullikesed kaovad enne, kui jõuavad pinnale. Nad on täidetud vee auruga. Kui termomeeter näitab umbes 100° , siis ilmuvad mullikesed igal pool vees, tõusevad üles veepinnani ja lõhkevad, vabastades vee auru. Vesi keeb nüüd klaasis (joon. 8). Termomeeter näitab umbes 100° ega tõuse rohkem, kuigi piirituslamp soojendab keeduklaasi.



Joon. 8. Vee keemine.

Temperatuuri, mille puhul vedelik keeb, nimetatakse keemispunktiks.

Erinevate vedelikkude keemispunktid on erinevad.

Füüsikud tõestasi, et kõik ained, mis harilikes tingimustes on gaasid, muutuvad küllaldaselt jahtumisel vedelikeks, mis keevad väga madalal temperatuuril. Vedel hapnik näiteks keeb atmosfäärilise rõhu all -183° puhul. Vastupidi, sellised ained, mis harilikes tingimustes esinevad tahkes olekus, muutuvad sulades vedelikkudeks, mis keevad väga kõrgel temperatuuril. Näiteks, sulatatud raua keemispunkt on 2450° .

Mitmesuguste ainete keemistemperatuurid normaalse õhurõhu puhul (Celsiuse kraadides).

Heelium	$-268,9$	Elavhõbe	357
Süsihappegaas	-65	Eeter	35
Vesinik	-252	Piiritus	80
Hapnik	-183	Raud	2450
Vesi	100		

Niipea kui võtame ära piirituslambilt keeva vee, lõpeb kohe keemine. Nähtavasti on keemise alalhoiuks soojuse kulutamine vajalik. See soojus ei lähe vedeliku temperatuuri tõstmiseks, vaid ta muutmiseks auruks.

Soojushulka, mis on vajalik 1 g vedeliku muutmiseks auruks ilma temperatuuri muutmata, nimetatakse keemissoojuseks.

Mitmesuguste vedelikkude keemissoojused normaalse õhurõhu

	puhul	cal g	-des	või	kcal kg	-des.
Vesi		539		Eeter		90
Ammoniaak, vedel		330		Elavhõbe		68
Piiritus		202				

Vaadeldes seda tabelit näeme, et suurimat keemissoojust evib vesi.

10. Laboratoorne töö nr. 2. Temperatuuri muutuste vaatlemine vee soojenemisel ja keemisel.

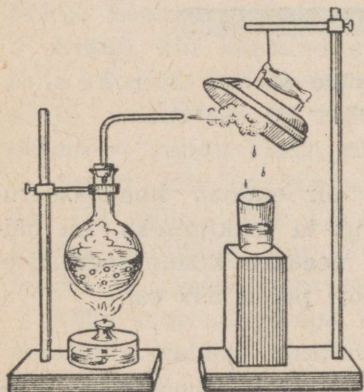
Tööjuhend.

Valage keeduklaasi teatud hulk 40° — 50° -ni soojendatud vett. Laske statiivi külge riputatud termomeeter vette ja soojendage veega täidetud klaasi, märkides üles temperatuuri iga minuti järel. Kui vesi keema hakkab, laske tal keeda minutit 5, siis lõpetage soojendamine. Jätkake temperatuuri ülesmärkimist iga minuti tagant 4—5 minuti jooksul.

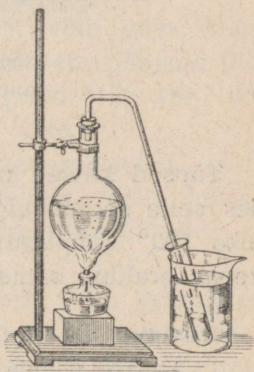
Saadud andmete järgi joonistage graafik, asetades teatud mastaabis horisontaaljoont mööda aeg minutites, vertikaaljoont mööda aga temperatuur kraadides.

11. Auru kondenseerumine. Kui suunata auru juga vastu külma eset. (joon. 9), siis sellega kokku puutudes muutub aur veeks. Auru muutumist vedelikuks nimetakse *auru kondenseerumiseks*.

Asetades katseklaasi külma veeklaasi ja lastes sinna auru keedupudelist (joon. 10), näeme, et sattudes katseklaasi, aur kondenseerub, vesi klaasis aga soojeneb.

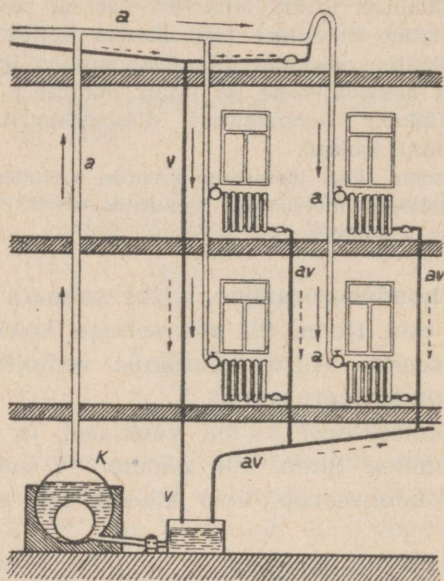


Joon. 9.



Joon. 10.

Auru kondenseerumisel vabanevat soojust võib kasutada mitmesuguste kehade soojendamiseks, näiteks auruküttes (joon. 11), kus vee asemel lastakse torudesse auru.



Joon. 11. Aurukütte skeem.
a — aur; *v* — vesi; *av* — aur ja vesi.

Täpsed katsed näitavad, et aur eraldab kondenseerudes selle soojushulga, mis kulus ta tekkimiseks; nii näiteks 100° temperatuuriga 1 g veeauru kondenseerumisel veeks eraldub sama temperatuuri puhul 539 cal.

Harjutus 5.

1. Asetage pliidile või priimusele väike lahtine kastrul või plektoos veega. Jälgige hoolega, mis toimub vees soojendamise ajal.

Pange tähele, et keemahakkamise algul vesi sogastub. Mis-pärast?

Vee keemise ajal hoida auru joale kaldu puhas taldrik. Mida märkate? Seletage. Kirjutage oma katsest lühike aruanne.

2. Mis pärast on käel külm, kui seda niisutada eetriga?

3. Kui palju on vaja soojust 150 g vee aurustamiseks, kui vee temperatuur on 100° ?

4. Kui palju on vaja soojust, et soojendada 5 kg vett 0° -st keemiseni ja siis auruks muuta?

5. Kui palju soojust eraldab 1 kg auru, mille temperatuur on 100° , kui see aur muuta veeks ja saadud vesi jahutada 0° -ni?

6. Kui palju auru temperatuuriga 100° on vaja muuta veeks, et soojendada raudradioaatorit, mille mass on 10 kg, 10° — 90° ?

12. Keemispunkti sõltuvus rõhust. Ajame vee keema väikeses keedupudelis ja laseme teda jahtuda 80° — 70° -ni. Asetame keedupudeli õhupumba kupli alla ja pum-pame õhu välja. Seejuures alaneb kupli all rõhk ja me näeme, et vesi hakkab keedupudelis keema, vaatamata sellele, et vee temperatuur on palju alla 100° .

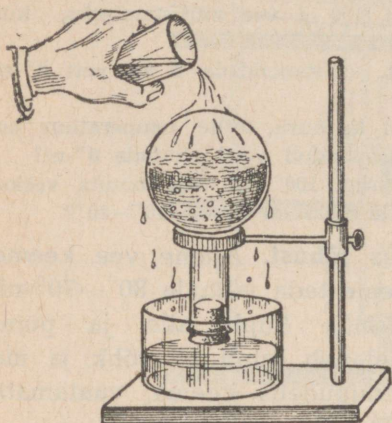
Kui korkida kinni ümmarguse põhjaga keeduklaas, mil-les keeb vesi, ja kustutada viivitamata piirituslamp, siis jätkub keemine mõnda aega, kuigi vesi jahtub.

Niipea kui keemine klaasis lõpeb, võib seda uuesti esile kutsuda. Selleks on vaja klaas pöörata põhjaga üles-poole, valada ta üle külma veega (joon. 12) või veel parem — panna klaasi põhjale tükk jääd.

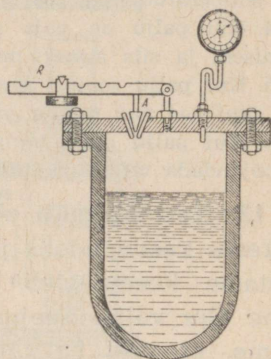
Aurud, mis on keeduklaasis, kondenseeruvad, jahtu-des jää mõjul, rõhk klaasis väheneb ja vesi hakkab keema. Järelikult, kui vähendada rõhku vedelikule, siis langeb ta keemistemperatuur.

Rõhu suurendamisega võib tunduvalt tõsta keemistem-peratuuri. Selleks kasutatakse tihedasti sulguvate kaan-tega katlaid. Kaanesse on tehtud klapp, mis on suletav metallkorgiga (joon. 13). Metallkang *R*, mille külge on riputatud viht, rõhub korgile ja ei lase seda kaane avast

välja tulla. Kui auru rõhk on väga suur ja ületab jõu, millega kang rõhub korgile, siis avaneb kork ja osa auru tuleb välja. Muutes kangi õla pikkust, võib reguleerida auru rõhku, mille juures klapp avaneb.



Joon. 12. Vee keetmine vähendatud rõhu all.



Joon. 13. Katel kõrgendatud rõhu all keetmiseks.

Rõhu kõrgendamisel tõuseb keemispunkt ja erinevate rõhkude puhul on selles katlas auru temperatuur erinev.

Kõrge rõhuga katlaid kasutatakse tehnikas mitmesugusteks otstarveteks. Auru, mis saadakse seesugustes kateldes, kasutatakse aurumasinate ja auruturbiinide töös. Arstid-kirurgid desinfitseerivad sellistes kateldes oma instrumente, kuna on selgunud, et mitte kõik mikroorganismid ei sure 100° temperatuuril, vaid mõnede jaoks on kõrgem temperatuur vajalik.

Haiglates desinfitseeritakse riideid, pesu, sidematerjale jne.

Katlas oleva auru temperatuuri sõltuvus rõhust on uurimise tulemusena antud järgnevas tabelis.

Rõhk atmo- sfäärides	Auru tempe- ratuur ° C	Rõhk atmo- sfäärides	Auru tempe- ratuur ° C
0,1	45	40	249
0,5	81	100	310
1	100	150	341
5	151	200	364
10	181	224	374
20	212		

Rõhud selles tabelis on antud tehnilistes atmosfäärides.

Harjutus 6.

1. Väga kõrgetel mägedel ei saa keevas vees keeta muna. Mis-
pärast?
2. Kuidas saab vett soojendada üle 200° ja kuidas teda sun-
nida keema 45° juures?
3. Mitme kraadi võrra on tarvis 20 at rõhu all olevat auru
kuumutada, et suurendada ta rõhku kuni 100 at?

13. Auru tekkimine ja kondenseerumine aine molekulaarehituse õpetuse alusel. Vedeliku molekulid liiguvad mitmesugustes suundades kaootiliselt. Korrapäratus liikumises pörkavad nad üksteisega kokku, misjuures muutuvad nii nende liikumise suunad kui ka kiirused. Ühe ja sama vedeliku mitmesugused molekulid liiguvad ühe ja sama temperatuuri puhul erisuguste kiirustega. Kuid kui mõõta suure arvu molekulide kiirust, siis ilmneb, et väga kiiresti ja väga aeglaselt liigub neist üsna väike arv; valdav enamik molekulide liigub kiirusega, mis erineb vähe niinimetatud keskmisest kiirusest, mille suurus sõltub vedeliku temperatuurist.

Molekulide, mis on vedeliku pinnal, hoiab kinni vedelikus olevate molekulide külgetõmme. Kuid mõned molekulid lendavad vedeliku pinnale säärase kiirusega, et nad ei jää pidama vedeliku pinnale; ületanud külgetõmbe, lendavad need molekulid vedelikust õhku — vedelik aurub.

Selliste vedelikust lahkunud molekulide kogu moodustab auru.

Mida kõrgem on vedeliku temperatuur, seda suurem on molekulide keskmine kiirus, seda suuremal arvul molekulidel on kiirus, mille puhul nad võivad vedelikust välja lennata. Seepärast toimub vedeliku soojenemisel aurumine kiiremini.

Mida suurem on auruva vedeliku pind, seda suurem arv molekule võib üheaegselt vedelikust välja lennata.

Auru molekulid, mis on õhus, põrgates kokku õhu või auru teiste molekulidega, võivad uuesti tulla vedeliku pinnale niivõrd lähedale, et pöörduvad vedelikusse tagasi. Kui need auru molekulid eemaldada vedeliku pinnalt liikuva õhu abil, siis kiireneb aurumine. Kuna vedelikust lendavad välja molekulid, millel on suurem kiirus, järele jäävad aga väiksema kiirusega molekulid, siis langeb auruva vedeliku temperatuur.

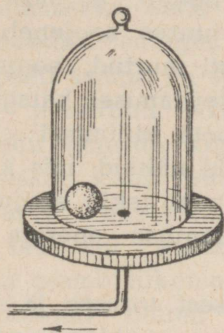
Sedamööda, kuidas soojeneb vedelik, kasvab molekulide keskmine kiirus ja läheb lõpuks nii suureks, et auru tekkimine toimub mitte üksnes pinnal, vaid ka vedeliku sees.

Auru molekulid eralduvad väikestesse õhumullikes-tesse, mis on vees; aur suurendab oma elastsusega nende mullikeste ruumala, rõhk neis muutub võrdseks välisrõhuga ja mullikesed tõusevad üles. Vedelik keeb. Keeva vedeliku temperatuur ei tõuse, kuni pole aurunud kogu vedelik.

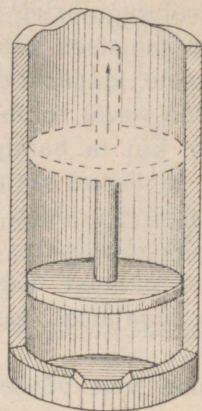
Seetõttu, et auru ruumala on võrdse välisrõhu puhul palju kordi suurem samasuguse massiga vedeliku ruumalast, liiguvad auru molekulid õhu molekulide sarnaselt ja külgetõmme nende vahel on väike.

14. Gaasi rõhk. Asetame õhupumba kupli alla õhukese kummikotikese õhuga (joon. 14).

Kotikeses oleva õhu molekulid, liikudes kõigis suundades, põrkuvad vastu kummikesta. Õhu molekulid, mis on väljaspool kotikest, põrkuvad samuti vastu kummikesta, kuid nende põrgete suund on vastupidine kotikese sees oleva õhu molekulide põrgetele.



Joon. 14.



Joon. 15.

Sedamööda, kuidas pumba kupli alt õhku välja pumbatakse, paisub kummikotike, sest nüüd ei tasakaalustu kesta olevate õhu molekulide tegevus välismolekulide põrgete toimel.

Gaasi molekulid, liikudes igas suunas, põrkuvad vastu anuma seina. Liikuvate molekulide põrgete tulemusena tekib gaasi rõhumine anuma seintele.

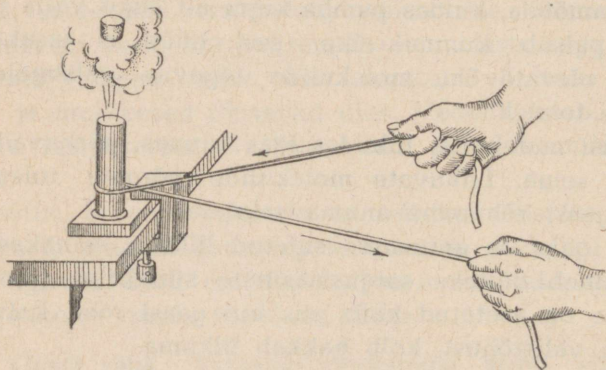
Kui gaas on anumasse suletud liikuva seinakese abil, mis esineb näiteks soojusmasinate silindrites (joon. 15), millesse on asetatud kolb, siis kui gaasi rõhk kolvile on suurem välisrõhust, kolb hakkab liikuma.

**MEHAANILISE ENERGIA MUUNDUMINE SOOJUSEKS
JA SOOJUSE MUUNDUMINE TÖÖKS.**

15. Töö ja soojus. Juba ürgajast alates on teada, et hõõrumise tagajärjel keha soojeneb: nimelt hõõrumise abil said muistsed rahvad tuld.

Ka meie igapäevane kogemus näitab, et hõõrumisel tehtud töö arvel tekib soojus; töö juures soojeneb saag, eriti siis, kui ta hambad on halvasti murtud, soojenevad halvasti määritud rattateljed, noa teritamisel käiaga soojeneb nuga, soojeneb viil mingi toote viilimisel. Igaüks meist võib tuua palju mitmesuguseid näiteid, mis kinnitavad seda nähtust. Kõigil neil juhtudel tekib soojus tehtud töö tagajärjel, kulutatud mehaanilise energia tagajärjel.

Valame vett või eetrit valgevasest torusse ja suleme ta tihedasti korgiga. Kinnitanud toru puuklambriga, hõõrume nõõriga kiiresti ta pinda. Hõõrumisest toru sooje-



Joon. 16. Hõõrumistöö muundumine soojuseks.

neb, temas olev vedelik hakkab keema ja aur viskab korgi pealt ära (joon. 16).

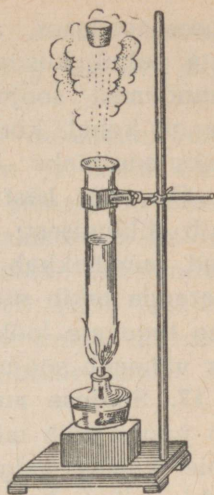
Valame katseklaasi pisut vett ja suleme ta korgiga. Soojendamisel lükkab katseklaasis tekkinud aur korgi pealt ära (joon. 17). Selles katses tehti töö soojuse arvel, mis kulutati vee soojendamiseks; selle tagajärjel kork sai kineetilise energia.

Täpselt samuti ka soojus, mis tekib püssis püssirohu põlemisel, tekitab püssirohu gaaside kõrgendatud rõhu, mis paiskab kuuli püssist välja. Soojuse arvel, mis tekib kütuse põlemisel, teeb aur veduri aurumasinas tööd ja paneb liikuma rongi.

Aruteldud näited tõendavad, et mehaaniline energia võib muunduda soojuseks, soojus aga mehaaniliseks energiaks.

16. Soojuse olemus. Nägime, et hõõrdumisjõu ületamiseks tehtava töö juures mehaaniline energia muundub soojuseks. Teame samuti, et mehaaniline energia on seotud kehade liikumisega. Oletame, et võitnud hõõrdumise, jääb liikuv keha seisma. Keha mehaaniline liikumine lõpeb, tekib soojus.

Teame juba, et mida tugevamini on keha soojendatud, seda kiiremini liiguvad tema osakesed. Siit me võime järeldada, et soojus on keha molekulide korrapäratu liikumise energia. Just niisuguseid vaateid soojuse olemuse kohta arendaski teaduses M. V. Lomonossov, seletades soojust molekulide tiirleva liikumisena. Põhiliselt vastavad need vaated õpetusele soojuse olemusest ka nüüdis-



Joon. 17. Korgi väljatõukamisel teeb aur tööd.

aegses teaduses. Vastavalt neile kujutlustele kõigi nähtuste puhul, kus võib tähele panna mehaanilise energia muundumist soojuseks, muundub mehaaniline energia, mis oli kehal, korrapäratult liikuvate molekulide kineetiliseks energiaks — soojuseks.

„On väga hästi teada,“ ütles Lomonossov „et soojus tekib liikumisest: vastastikusel hõõrumisel soojenevad käed, puu hakkab leegiga põlema, ränikivi löömisel vastu tulerauda tekib säde; raud kuumeneb tulipunaseks kiirete ning tugevate löökidega tagumisest, kui aga see lõpetada, siis väheneb soojus.“

17. Soojuse mehaaniline ekvivalent. Nägime juba, et töö juures võib mehaaniline energia üle minna soojuseks. Meie katses valgevasest torukese hõõrumisel nõoriga tekkis nii palju soojust, et vedelik torukeses hakkas keema ja osa temast muutus auruks. On kerge märgata, et soojust eraldub seda enam, mida enam tehakse tööd.

Kui määrata kindlaks see töö, mis läks keha soojendamiseks, ja määrata sealjuures saadud soojuse hulk, siis võib arvutada, kui suur hulk mehaanilist energiat on vaja ära kulutada, et saada 1 kcal soojust.

Mehaanilise energia hulka, mis on ekvivalentne¹ ühe kilokalori soojusega, nimetatakse soojuse mehaaniliseks ekvivalentiks.

Arvukad ja hoolikad katsed soojuse mehaanilise ekvivalenti määramisel näitasid, et arvuline tulemus mehaanilise energia üleminekul soojuseks on alati üks ja sama, ükskõik, mil viisil see on saadud.

Et saada 1 kcal, on vaja teha 427 kGm tööd.

Järelikult: soojuse mehaaniline ekvivalent on võrdne

$$427 \frac{\text{kGm}}{\text{kcal}}$$

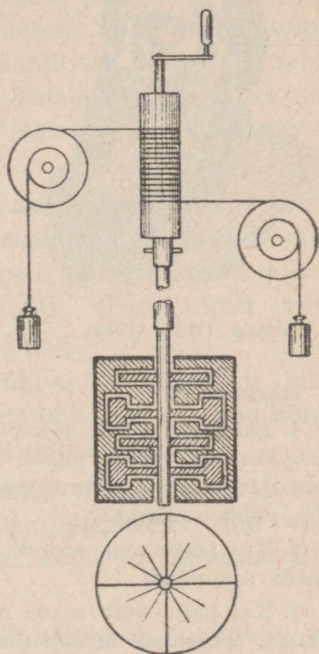
¹ Ekvivalentne (ladina keelest) tähendab samaväärne.

18. Joule'i (loe: džauli) katse. Uks Joule'i katseid soojuse mehaanilise ekvivalendi määramise alal oli järgmine:

Erilist kalorimeetrit läbib telg, mis on varustatud külgmiste tiivakestega; tiivakestel on ribade ja labidakeste kuju (joon. 18). Kalorimeetri külgmisele seinale on kinnitatud väljalõigetega vaheseinad, mis takistavad kalorimeetrisse valatud vee liikuda ühtse massina. Pöörlemisel tekitavad tiivakesed hõõrdumise vastu vett, mille tagajärjel vesi soojeneb. Selleks, et telg võiks pöörelda, on tema ülemisele otsale asetatud puust silinder, mille ümber on keritud kaks nööri; nöörid on visatud üle kahe liikumatu ploki. Iga nööri otsa külge on seotud koormus. Koormuste laskumisel hakkab silinder pöörlema, pannes pöörlema telje ühes labidakestega. Teades kõrgust, millelt koormused langevad, ja nende koormuste suurust, võib kindlaks määrata töö, mis on kulutatud telje pöörlemapanemiseks.

Teades kalorimeetrisse valatud vee kaalu ja tema temperatuuri tõusu, määratakse saadud soojushulk. Saadud andmetest leitakse mehaaniline ekvivalent.

Et anda kujutlust sellest, kuidas tehakse arvutusi, oletame, et kalorimeetrisse oli valatud 2 kg vett. Tempera-



Joon. 18. Joule'i katse soojuse mehaanilise ekvivalendi määramiseks.

tuuri tõus on $0,28^\circ$. Kaks vihti, millest kumbki kaalus 10 kG, langesid 60-sentimeetriliselt kõrguselt 20 korda.

Nende sooritatud töö võrdub:

$$2 \cdot 10 \text{ kG} \cdot 0,6 \text{ m} \cdot 20 = 240 \text{ kGm.}$$

Saadud soojus on võrdne:

$$2 \text{ kg} \cdot 0,28 \text{ kraadi} = 0,56 \text{ kcal.}$$

Arvutame, kui palju tööd on vaja 1 kcal saamiseks:

$$240 \text{ kGm} : 0,56 \approx 429 \text{ kGm.}$$

Järelikult mehaaniline ekvivalent moodustab 429 kGm 1 kcal kohta.

Joule ise sai 423 kuni 425 kGm. Parandused, mis tehti Joule'i arvutustes, andsid mehaanilise ekvivalendi jaoks arvu $427 \frac{\text{kGm}}{\text{kcal}}$ mis nüüdsel ajal on teaduses võetud soojuste mehaanilise ekvivalendi suurusena.



Joule (1818—1889).

Harjutus 7.

1. Pange vineerile 5-kopikane raha ning surudes teda keskmise sõrmega vastu vineeri, hõõruge suure kiirusega, lugedes kuni 50-ni. Missuguse arvuni jõudes teie ei saa tööd jätkata, kuna raha põletab sõrme?

2. Kui palju saab soojust, kui 854 kGm tööd muundatakse tervenisti soojuseks?

3. Kui palju võib saada mehaanilist energiat, kui 5 kcal muundatakse tervenisti mehaaniliseks tööks?

4. Kuivõrd soojeneb vesi, langedes Dnepri tammilt (kõrgus 37,5 m), kui selle vee kogu kineetiline energia muunduks soojuseks?

5. Kuivõrd soojeneb seatinatükk, langedes 50 m kõrguselt, tingimusel, et kogu kineetiline energia muundub langemise momendil soojuseks?

6. Mispärast sulavad vaguni laagrite kausid, kui telgi küllaldaselt ei määrata?

19. Energia jäävuse ja muunduvuse seadus. Alati, kui 1 kcal soojuse energiat muundub mehaaniliseks energiaks, saame 427 kGm mehaanilist energiat; kui aga 427 kGm mehaanilist energiat muundatakse soojuse energiaks, siis saame 1 kcal soojuse energiat. Järelikult, soojusnähtuste juures täheldatakse mitte üksnes ühe energia liigi muundumist teiseks, vaid nende muunduste juures, samuti nagu seda nägime mehaaniliste nähtuste puhul, jääb energia hulk muutumatuks. Teiste sõnadega, ka soojusnähtused kinnitavad energia jäävuse ja muunduvuse seadust.

Energia jäävuse ja muunduvuse seadus on looduse põhiseadus. Vastavalt sellele seadusele energia, mida omavad kehad, ei teki ega kao, vaid läheb looduse mitmesugustes nähtustes ja tehnikas ainult ühest liigist teise, jäädes arvulises suhtes muutumatuks.

Selle seaduse olemasolu on üheks tõendiks, et maailmal, milles me elame — universumil — ei ole algust ega lõppu, vaid ta on olemas igavesti.

Energia jäävuse seaduse, samuti nagu aine jäävuse seaduse, määras teaduses kindlaks esimesena suur vene teadlane M. V. Lomonossov, kes seda formuleeris järgmiselt:

„Kõik muutused, mis esinevad looduses, toimuvad nii, et kui ühele kehale midagi juurde lisatakse, siis sama palju võetakse ära teiselt. Nii, kui mingile kehale lisatakse juurde mõnevõrra ainet, siis täpselt niisama palju

väheneb see teisel: keha, mis annab oma liikumise edasi teisele, kaotab niisama palju liikumist, kui palju annab edasi teisele."

Harjutus 8.

1. Kui palju võib saada mehaanilist energiat, kui 5 kcal muundatakse tervenisti mehaaniliseks tööks?

2. Mispärast õhk paisudes jahtub?

3. Arvutada soojuse kulu 1 HJ saamiseks tunnis, eeldades, et kogu soojus läheb kasulikuks tööks.

20. M. V. Lomonossov. Arhangelski randlase poeg Mihhail Vassiljevitš Lomonossov sündis 20. novembril 1711. a. Denissovka külas, mis asetseb Holmogorõ linna läheduses.

16-aastaselt tutvus ta mõningate teaduslike raamatutega keele ja matemaatika alalt.

Janu teadmiste järele viis ta 1730. a. Moskvasse õppima. Juba õpilasena ilmutas Lomonossov erakordseid võimeid ning juurdlevat mõistust. Kui andekas üliõpilane lähetati ta 1736. a. välismaale end teaduste alal täiendamaks. 1741. a. pöördub ta tagasi Peterburisse ja asub tööle Teaduste Akadeemias. 1745. a. valitakse Lomonossov keemia professoriks.

M. V. Lomonossov on geniaalne vene teadlane. Ta on füüsik, keemik, insener, suurepärase vene keele tundja ja uuendaja, ajaloolane ja poeet.

Oma avastustega molekulaar-kineetilise teooria põhi- aluste, aine jäävuse seaduse ja energia jäävuse seaduse alal jõudis ta oma kaasaegseist kaugele ette.

Kogu oma eluaja võitles M. V. Lomonossov kodumaise vene teaduse arendamise eest, hariduse juurutamise eest vene rahva laia seas kihtidesse. Tema visaduse ja energia

tulemusena avati 1755. a. Moskvas esimene vene ülikool, millele on nüüd antud M. V. Lomonossovi nimi.

M. V. Lomonossov oli selles sügavasti veendunud,

„et omi Platoneid ja ärksaid Newtoneid võib sünnitada Venemaa“.

M. V. Lomonossov suri 1765. a.



M. V. Lomonossov (1711—1765).

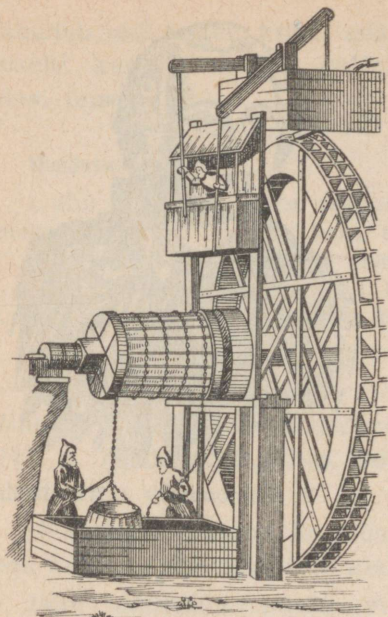
III peatükk.

SOOJUSJÕUMASINAD.

21. Sissejuhatus. Kauges minevikus õppis inimene kasutama tuld. Vanaaegseis inimasulais — koobastes — leitakse jäänuseid tuleasemeist ja jälgi, mis osutavad sellele, et ürginimene kasutas tuld mitte ainult soojendamiseks; tulel valmistati toitu, põletati savi, valmistati nõusid.

Möödusid sajandid, inimesed leidsid uue tulekasutamise viisi; õpiti välja sulatama metalli, valmistama klaasi, kasutama tuld oma elamute valgustamiseks ning kütmiseks.

Rakendades iidsest ajast soojust kõige mitmekesisemateks eesmärkideks, õppis inimene võrdlemisi hiljuti kasutama soojust masinate tööks.



Joon. 19. Vanaaegne joonis vesirattast, mida kasutati kaevandustes šahtidest maagi tõstmiseks.

Alates XIX sajandi algusest hakatakse aurumasinat laialt kasutama tööstuses ja transpordis.

1834. aastal ehitati Uuralis, Nižne-Tagilis, esimene raudtee Venemaal. Sellel teel pani rongid liikuma Tšerepanovite³ vedur (joon. 20), mida võib pidada nüüdisaegse veduri (joon. 21) eelkäijaks.

Lihtsate ning väga ebatäiuslike tööpinkide ja masinate käimapanemiseks kasutati paljude sajandite jooksul kas inimeste ja loomade tööd või tuule (näiteks veskites) ja voolava vee energiat (vesirattad, joon. 19).

Kuid juba XVII sajandi lõpul oli Euroopa areneval tööstusel vaja võimast ning kindlat jõumasinat, mida oleks võimalik üles seada mistahes kohas.

XVIII sajandil leiutatakse aurumasinad: Polzunov¹ — Venemaal ja Watt² Inglismaal.

¹ Polzunov — sõduri poeg, meister Siberi kaevandustes (vt. § 55).

² Watt — lukksepp, omandas iseõppimise teel suuri teadmisi.

³ J. A. ja M. J. Tšerepanovid — isa ja poeg — mehaanikud Nižne-Tagili mäetehastes.

Esimesed aurumasinad olid väga ebatäiuslikud. Püüe parandada aurumasinade konstruktsiooni, ja mis peamine, tõsta nende kasutegurit, virgutades teadlast hoolikalt uurima soojusnõuetusi. Selle uurimise tulemusena parandati aurumasinade tunduvalt, peale selle leiutati uusi jõumasinade.

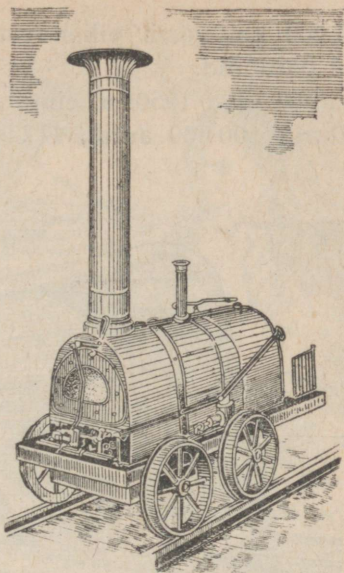
Aurumasinad on soojusjõumasinad. Soojusjõumasinade muundatakse kütuse põlemisel saadud soojusenergia mehaaniliseks energiaks.

Soojusjõumasinade hulka kuuluvad auruturbiinid, mida kasutatakse laialt elektri- jaamades ja laevadel. Autodes, traktorites, lennukites, dirigiblaides ja allveelaevades töötavad sisepõlemismootorid.

Erandlikult laia kasutuse on leidnud mitmesugused soojusjõumasinad NSV Liidus. Tehnika alal on meie maailma eesrindlikemaid maid.

Meie suure kodumaa tohutud mõõdet nõudsid raudteede, autoteede, mere- ning jõeteede ja õhuliinide võimsate võrkude loomist, millede teenindamiseks oli vaja palju mitmesuguseid soojusjõumasinade. Põllumajanduse mehaniseerimine nõuab tohutut arvu traktoreid.

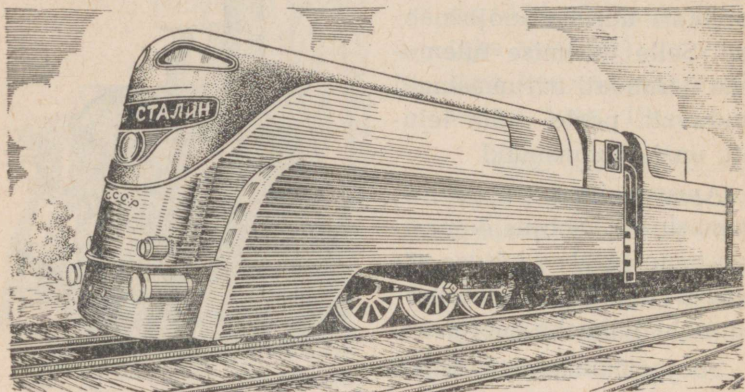
Rahvamajanduse taastamise ja arendamise (1946.—1950. a.) viie aasta plaani järgi saab meie maa 1950. a. 7230 km uusi raudteeliine, 11 500 km uusi autoteid, ja



Joon. 20. Tšerepanovite vedur.

175 000 km võrra pikenevad lennukite poolt teenindatavad õhuliinid.

Juba üksi 1950. a. ehitatakse 2200 vedurit, 300 mootorvedurit, 500 000 autot, 112 000 traktorit. Uuesti ehitatavad



Joon. 21. Nõukogude voolujooneline vedur.

elektrijaamad nõuavad palju auruturbiine. Märgatavalt kasvab linnade kaugküte.

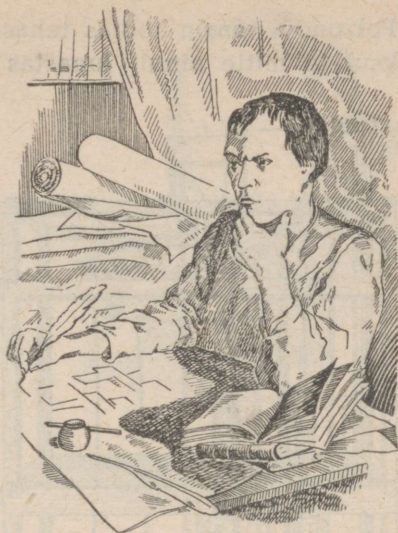
Teaduse ja tehnika jõupingutused on nüüdisajal suunatud uut liiki soojusjõumasinate — reaktiivmootorite täiustamisele. Need mootorid on leidnud juba küllalt laia kasutuse õhuasjanduses. Tänu neile mootoreile õnnestus tunduvalt tõsta lennukite kiirust.

22. Polzunovi aurumasin. Esimeseks aurumasina leiutajaks Venemaal oli kuulus soojustehnik Ivan Ivanovitš Polzunov.

Polzunov sündis 1728. aastal. Pärast mäekooli lõpetamist, mis valmistab tehnikuid mäetehastele, töötas Polzunov algul Uuralis „mehaanika õpilasena“, siis Altais

„šihti meistrina“ — meistrina, kelle ülesandeks oli valvata „šihti“ (särdamispaanuse) järele, s. o. kõrgahjudesse pandavate materjalide koostise järele.

Polzunov kulutas palju vaeva füüsika ja mäeasjanduse iseisvaks õppimiseks. 1763. aastal koostas ta masina projekti, mis töötas auru jõul. Suure vaevaga suutis ta oma masina valmis ehitada, kuid käiku lasti see alles peale ta surma.



I. I. Polzunov (1728—1766).

Ränk töö murdis Polzunovi jõu; 16. mail 1766. a., mõni päev enne ta masina käikulaskmist, suri ta.

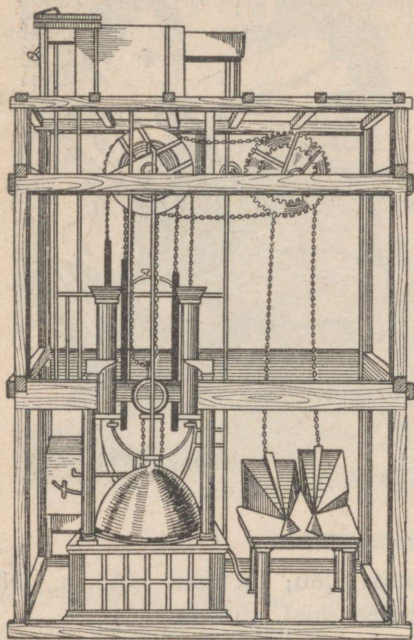
Polzunovi aurumasin pani tehases liikuma võimsad õhupuhumise lõõtsad.

Joonisel 22 on kujutatud Polzunovi masina mudel. Katlas läheb aur alt kahte silindrisse, kus liiguvad teineteise suhtes vastassuunalised kolvid. Kettide ja rihmarataste abil anti kolvide liikumine edasi õhupuhumislõõtsadele.

Polzunovi aurumasin oli maailma esimeseks universaalseks jõumasinaks, s. o. masinaks, mis kõlbas mistahes töö tegemiseks. Kaks silindrit kindlustasid masina töö pidevuse ja ühtluse.

Polzunovi masin töötas tehases mitu kuud, selle aja jooksul ta mitte ainult lunastas oma valmistamise kulud,

vaid andis ka veel tunduvat kasu. Väikesi rikkeid mehhanismis, mis on täiesti loomulikud uuele masinale, ei parandanud pärast Polzunovi surma keegi ja masin jäi seisma, heideti kõrvale ning unustati.



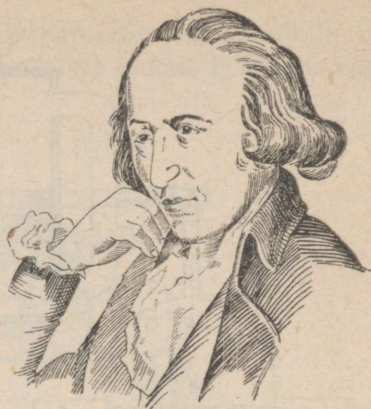
Joon. 22. Polzunovi aurumasin.

Kuid I. I. Polzunovi nime ei või unustada. Aurumasinaleiutamise ajaloos peab tal olema aukoht, kui geniaalsel soojustehnikul, kes ehitas esimesena aurumasinat, mis kõlbas tehase vajadusteks.

23. Watt'i aurumasin. 18 aastat pärast Polzunovi surma ehitas 1784. aastal inglise mehaanik James Watt aurumasinat, mis võeti tööstuses laialdaselt kasutusele.

Glasgow (loe: glaazgou) ülikooli töökoja mehaanik James Watt õppis ametit algul oma isa tisleri-töökojas ja töötas seejärel õpilasena Glasgow mehaanikatöökojas, kust lahkus hea mehaanikuna. Töötades mehaanikuna ülikoolis, oskas Watt leida aega, et saada soliidseid teadmisi matemaatika ja füüsika alalt, mis aitasid temal mitte üks-

nes leida ja kõrvaldada puudusi enne teda leiutatud aurumasinais, vaid ka aurumasinat nii täiustada, et tema olulisemad osad pole peaaegu muutunud tänini. 1784. a. sai Watt oma leiutatud masinale patendi. Watt'i masinas rõhub aur kolvile vaheldumisi kord ühelt, kord teiselt poolt.



James Watt (1736—1819).

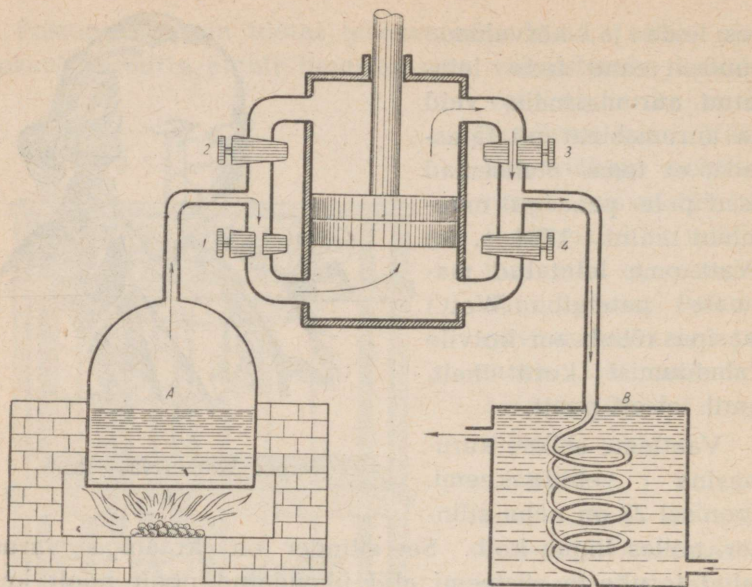
Vaatleme sellise auru-
masina ehitusskeemi.

Joonisel 23 on näha silinder, milles liigub kolb. See silinder on kraaniga varustatud torukeste süsteemi abil ühendatud ühelt poolt katlaga, teiselt poolt jahutajaga ehk kondensaatoriga.

Olgu antud momendil avatud kraanid 1 ja 3, suletud aga kraanid 2 ja 4. Aur läheb katlast A läbi kraani 1 silindrisse ja tõstab kolvi üles. Tarvitatud aur, mis on silindri ülemises osas, läheb läbi kraani 3 kondensaatorisse B, kus kondenseerub. Kui kolb jõuab silindri ülemise otsani, tuleb avada kraanid 2 ja 4, sulgeda aga kraanid 1 ja 3. Siis tungib aur läbi kraani 2 silindri ülemisse ossa ja surudes ülalt kolvile, tõukab kolvi alla. Tarvitatud aur läheb läbi kraani 4 kondensaatorisse.

Masinaid, kus aur lastakse vaheldumisi silindri mõlemale poolele, nimetatakse kahe poolega töötavaks masinaiks.

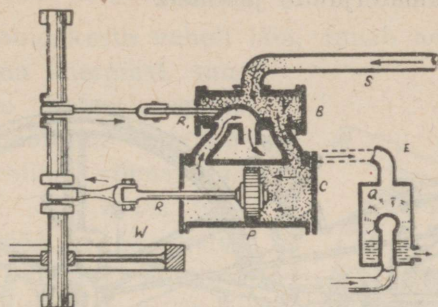
24. Aurujaotusseadis. Käsiaurujaotaja asemel esitas Watt automaatse aurujaotaja, mis kannab aurusiibri nimetust.



Joon. 23. Kahe poolega töötav aurumasin.

Silindri *C* pinnale tehakse niinimetatud aurusiibrikarp *B*, milles on liikuv erikujuline keha *V* — aurusiiber (aurusiibri karbi sees — joon. 24.) Aurusiibri liikumatusse karpi tuleb neli kanalit: kaks silindrist, üks katlast *S* ja üks kondensaatorist *E*. Aur satub katlast kanali kaudu aurusiibrikarpi, kust läbi parempoolse avatud kanali läheb silindrisse *C* ja tõukab kolvi *P* vasakule poole. Vasakpoolne kanal, mis on suletud aurule aurusiibriga, on ühenduses kondensaatoriga kanali *E* kaudu, mille tagajärjel farvitatud aur läheb silindri vasakust poolest kondensaatorisse. Kolvi liikumine paneb liikuma ka aurusiibri. Kui kolb jõuab silindri vasakule poolele, asetub aurusiiber paremale, suleb aurule parempoolse kanali ja avab vasakpoolse. Aur rõhub nüüd kolvile vasakult, kolb läheb pare-

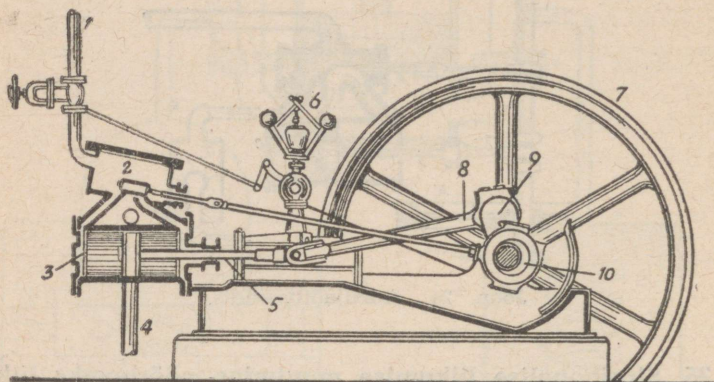
male, tarvitatud aur aga läheb parempoolse kanali ja temaga ühenduses oleva kondensaatori kanali *E* kaudu kondensaatorisse.



Joon. 24. Aurujaotusseadis.

25. Sirgjoonelise liikumise muutmine pöörlevaks liikumiseks. Joonisel 25 näeme, kuidas kolvi sirgjooneline liikumine muudetakse võlli ja tema külge kinnitatud hooratta pöörlevaks liikumiseks. Silindri kolvile on kinnitatud varb — kolvivarv 5. Kolvivarv ühendatakse liuguriga, nimetatud ristpeaga, mis liigub edasi ja tagasi kahe juhiva tasapinna vahel. Need tasapinnad, mida nimetame paralleelideks, suunavad kolvivarv, andmata tal võimalust kalduda kõrvale. Ristpea külge kinnitatakse liigendiliselt keps 8, mis on ühendatud vändaga 9. Kepsu liikumine paneb liikuma võlli. Kolvi äärmistes asendites on kolvivarv, keps ja vänd ühel sirgel, nii et kolb ei saa selles asendis anda vändale pöörlevat liikumist. Seesuguseid asendeid nimetatakse surnudpunktideks. Et neis surnudpunktides poleks liikumise takistust, asetatakse võllile raske hooratas. Liikumapandud hooratas viib oma inertsiaga kolvi välja surnudpunktide asendist, mistõttu masin töötab pidevalt ja sujuvalt.

Nüüdsel ajal kasutatakse aurumasinaid laialt transpordis, vedurites ja laevades, mõnel pool ka veel põllumajanduses ja saeveskites, kus kasutatakse ära odav kütus — õled ja metsamaterjalide jäätmed.



Joon 25. Translatoorse (kulgeva) liikumise muutmise pöörlevaks liikumiseks.

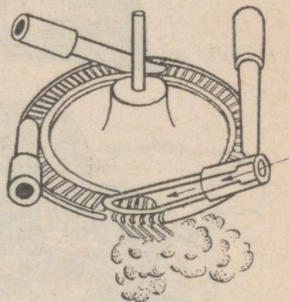
1 — aurujuhe; 2 — aurusiibri karp; 3 — silinder; 4 — auru ärajuhtiv toru; 5 — kolvivarv; 6 — regulaator; 7 — hooratas; 8 — keps; 9 — vânt; 10 — ekstsentrik, mis paneb liikuma aurusiibri.

26. Auruturbiinid. Aurumasinais teeb kolb sirgjoonelisi edasi-tagasi liikumisi, mis vântmehhanismi abil muudetakse võlli pöörlevaks liikumiseks. Kuid auru abil võib saada pöörlevat liikumist ka vahetult ilma kolvi ja vändata. Masinaid, kus auruenergia paneb võlli pöörlevasse liikumisse ilma kolvi ja vändata, nimetatakse auruturbiinideks (sõnast *turbo*, mis tähendab ladina keeles *t u u l e k e e r i s*, keerleja).

Turbiini peamiseks osaks on keskkoha poole tublisti paksenev terasketas, mille piirdel asetseb palju väikesi labidakesi. Joonisel 24 on kujutatud sellise võllil asetseva ketta üldvaade. Turbiini labidakestele lastakse auru läbi

mitmete aurujuga suunavate torukeste. Neid torukesi nimetatakse düüsideks. Düüsi ava ahendus laieneb järkjärgult, aur voolab düüsi suudmest tohutu kiirusega, mis ulatub kuni 1300 m sekundis.

Minnes labidakeste vahelt läbi, annab aur kettale tunduva osa oma energiast, sundides turbiini ketast tegema tuhandeid pöördeid minutis. Väikesel turbiinil, võimsusega kuni 10 HJ, on ketas 10—15 cm läbimõõduga. See ketas teeb 30 000 pööret minutis. Suurtes turbiinides, võimsusega 300 HJ, teeb 30-sentimeetrise läbimõõduga ketas 10 000 pööret minutis.



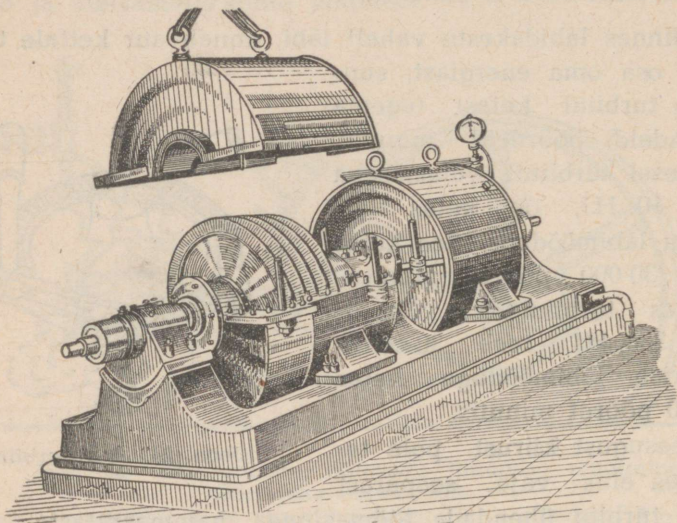
Joon. 24. Auruturbiin.

Seesugust kiirust pole tegelikus elus vaja, seepärast tuleb turbiin ühendada töömasinaga hammasrataste süsteemi abil, mis võimaldab töömasinal töötada tunduvalt vähendatud kiirusega. Turbiin ise võtab väga vähe ruumi. Hammasratas-ülekanne võtab märksa rohkem ruumi kui turbiin ise. Kuid isegi koguka hammasratas-ülekanne puhul nõuab turbiin märksa vähem ruumi kui samasuguse võimsusega aurumasin.

Nüüdisaegsed turbiinid omavad palju kettaid, mis asuvad ühisel völli ja mis panevad völli pöörlema kiirusega 1000—3000 pööret minutis (joon. 27).

Peale kirjeldatud turbiini kasutatakse praktikas ka teist liiki turbiine. Nõukogude tehased valmistavad käesoleval ajal elektrijaamade jaoks turbiine, mille võimsus ületab 100 000 HJ.

Auruturbiine kasutatakse soojuselektrijaamades, sõja- ja kaubalaevades.



Joon. 25. Suure võimsusega auruturbiin.

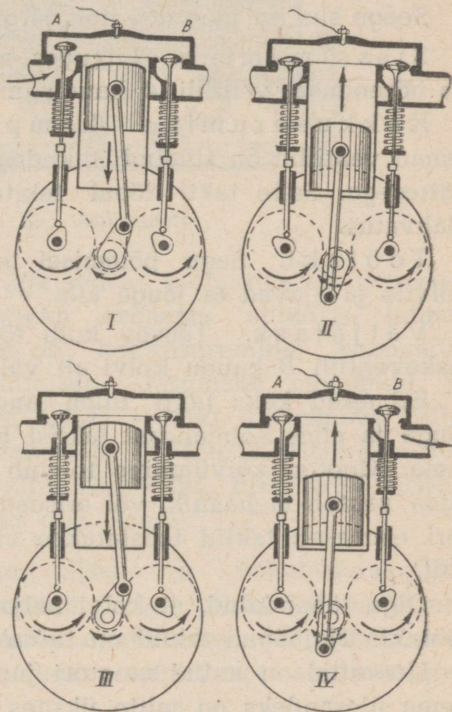
27. Sisepõlemismootorid. Sisepõlemismootoriks nimetatakse jõumasinat, milles kütus (bensiin, petrooleum jne.) põleb silindris vahetult kolvi all. Põlemisel tekkivad gaasid teevad tööd, tõugates kolbi. Seega pole sisepõlemismootoreil vajadust katla ja erilise küttekolde järele. Pole ka vajadust kütuse energiat muuta esialgu auruenergiaks.

Nende mootorite mitmesugused tüübid, erinedes üksteisest mõningate ehitusdetailide poolest ja kasutades oma tööks mitmesuguseid kütuse liike, omavad kõigile ühist joont: kolvi liikumine saadakse silindris küttesegu kiirel põlemisel tekkinud gaaside surve tagajärjel.

28. Neljataktilise mootori skeem. Joonisel 28 on näidatud neljataktilise mootori lihtsustatud skeem. Mootor koosneb silindrist, milles liigub kolb, mis kepsu ja vända abil on ühendatud töövõlliga. Võllile on kinnitatud raske hooratas. Silindri peal on kaks ventiili (klappi) A ja B, mis kolvi liikumisel avanevad ja sulguvad automaatselt. Ventiili A kaudu tuleb silindrisse küttesegu ja ventiili B kaudu väljuvad töötanud gaasid.

Kolvi iga käiku ühele poole nimetatakse taktiks. Neljataktiline mootor on seesugune mootor, milles tööprotsess koosneb kolvi neljast järjestikusest liikumisest. Nähtused, mis toimuvad silindri kolvi iga liikumise ajal, erinevad üksteisest.

Hooratta pööramisel liigub kolb alla (joon. 28, I). Selle tagajärjel tekib silindris hõrendatud ruum ja läbi ventiili A imeb silinder endasse põletusainet. Hooratta edasisel liikumisel sulgub sisselaskeventiil ja kolvi liikudes silindri sisse surutakse kokku silindrisse tul-



Joon. 28. Neljataktilise mootori töötamise skeem.

nud segu (joon. 28, II). Kui kolb jõuab üles, tekitatakse elektrisädemega silindris kokkusurutud küttesegu plahvatus.

Plahvatuse juures tekkinud gaasid suruvad jõuga kolvile ja ajavad ta alla (joon. 28, III). Kolvi liikumine andub edasi kepsule ja selle kaudu völliile, mille küljes on hooratas; viimane, saanud tugeva tõuke, hakkab liikuma ning jätkates liikumist tõstab kolvi üles (joon. 28, IV).

Nüüd avaneb väljalaskeventiil, mille kaudu väljuvad töötanud gaasid. Hooratas jätkab üha liikumist ja lastes kolbi alla, imeb sisse segu jne. Kõik kordub algusest peale.

Seega siis on mootoril neli järgmist takti:

Sisseimemine. Liikudes alla tekitab kolb silindris hõrenduse; ventiili A kaudu imeb end sisse küttesegu.

Kokkusurumine (komprimeerimine). Mõlemad ventiilid on suletud; liikudes üles surub kolb kokku küttesegu. Selle takti lõpul tekitatakse elektrisädemega plahvatus.

Töötakt. Segu põlemisel tekkinud gaasid suruvad kolvile ja ajavad ta jõuga alla.

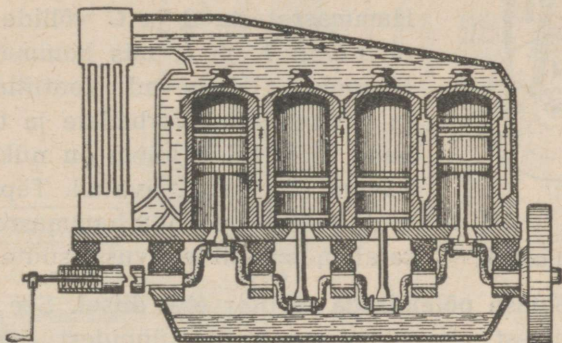
Väljalask. Tõusev kolb tõukab avanenud väljalaskeventiili B kaudu kolvi alt välja töötanud gaasi.

Esimesed kaks takti tuleb anda mootorile kõrvalise jõuga ja alles kolmandast taktist hakkab mootor ise töötama. Mootori käivitamine toimub kas erilise vända abil, mida vântab mehaanik, või eriseadiste abil, milledes mootori esimesed taktid teostatakse elektrivoolu või suruõhu abil.

Olgu tähendatud, et kolvi neljast taktist ainult üks on töötakt. Ülejäänud taktid on töötaktile ettevalmistuseks.

Hoorattal on antud mootori juures eriti suur tähtsus. Tema ülesandeks on mitte üksnes ületada surnudpunkte, nagu see leiab aset aurumasina juures, vaid ka panna kolbi ühe töötakti jaoks tegema kolme ettevalmistavat

takti. Et jõumasin töotaks ühtlasemalt, pannakse mootoreisse mitte üks silinder, vaid mitu (joon. 29), nii et kõikide silindrite kolvid annavad oma liikumise edasi ühisele völlile ja igal antud momendil teeb üks neist kolbidest

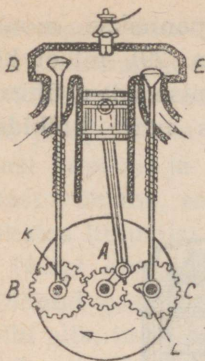


Joon. 29. Automootor.

töötakti, iga teine kolb aga selleks töötaktiks erineva ettevalmistustakti. Kui näiteks esimeses silindris toimub sisseimemine, siis teises on kokkusurumine, kolmandas töötakt ja neljandas väljalask. Järgmisel momendil on esimeses kokkusurumine, teises töötakt, kolmandas väljalask, neljandas sisseimemine jne. Meie võtsime ühe võimaliku taktide jaotuse silindrite vahel. Erinevates süsteemides võib taktide jaotus olla erinev.

29. Jaotusmehhanism. Sisse- ja väljalaskeventiilid avanevad vajalikul momendil ja tarvilikuks kestuseks erilise mehhanismi abil, mida nimetatakse jaotusmehhanismiks. Selle mehhanismi olemus selgub skemaatilisest joonisest nr. 30.

Mootori völlile on pandud hammasratas A, mis on hambumises kahe teise hammasrattaga B ja C. Peavölli



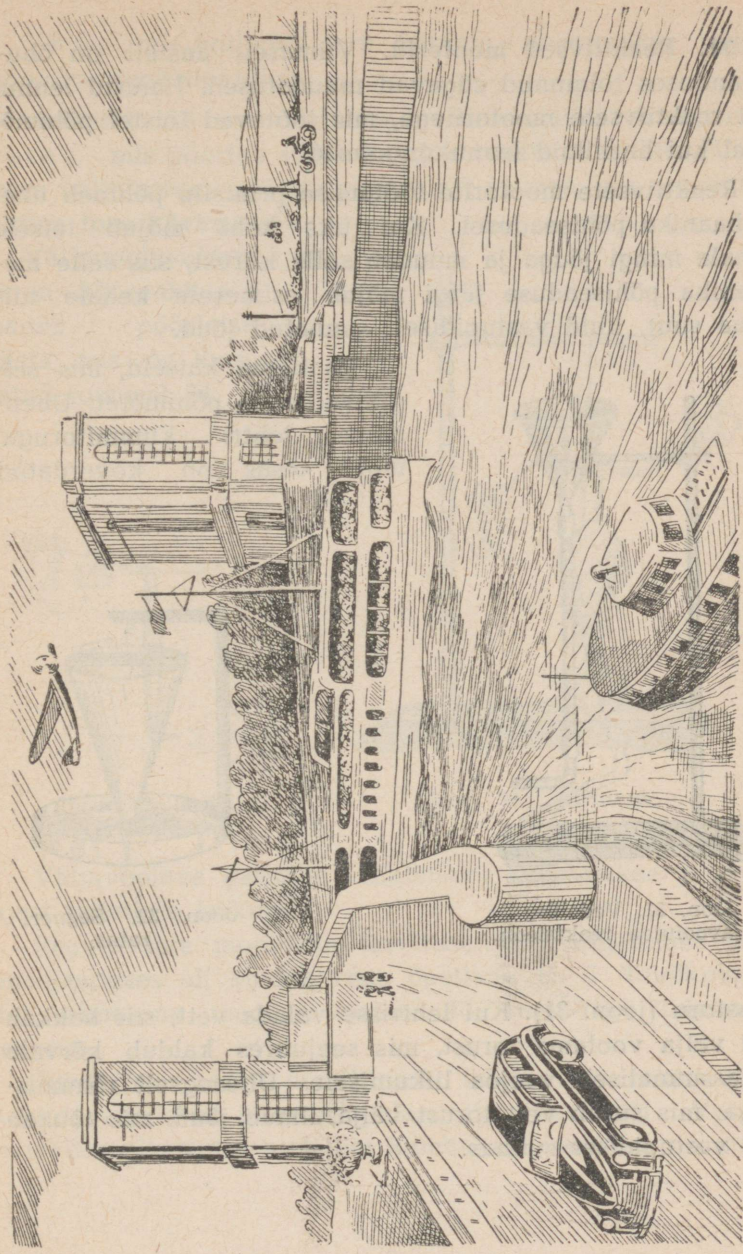
Joon. 30.
Ventiiljaotaja.

hammasrattal A on kaks korda vähem hambaid kui kummalgi hammasrattal B ja C. Seetõttu teevad hammasrattad B ja C ühe pöörde samal ajal, kui hammasratas A teeb kaks pööret. Hammasrataste B ja C völlide küljes on nükid K ja L, mis hammasrataste liikumisel lähenevad ventiilidega D ja E ühendatud varbadele ja tõstavad need üles. Mida laiem on nukk, seda kauem on ventiil avatud. Täpselt samuti paneb peavölli hammasratas parajal momendil tegevusse süüteseadise.

30. Aeglase põlemisega mootor ehk diisel. See mootor erineb teistest sise-põlemismootorite tüüpidest oma öko- noomsuse tõttu.

Selles mootoris imetakse sisse ning surutakse kokku mitte põletussegu, vaid puhas õhk. Kolmanda takti ajal, kui mootor on neljatakiline, pritsitakse silindrisse naftat, mis süttib iseenesest õhu kokkusurumisest tekkinud kõrge temperatuuri tõttu. Erinevalt kiirpõlemismootoreist, toimub diiselis põlemine mitte silmapilkselt, vaid järk-järgult. Neljandal taktil tõrjub kolb väljalaskeventiili kaudu välja töötanud gaasid. Mootorit käivitatakse suruõhuga. Suru- õhk, mis on tarvilik mootori käivitamiseks ja naftapritsi- miseks, surutakse erireservuaari kompressoriga, mida paneb käima mootor ise. Jahutamise otstarbel on silindrid tehtud kahekordsete seintega, mille vahel tsirkuleerib eri- pumbaga surutav külm vesi.

Sise-põlemismootoreid kasutatakse autode, soomus- autode, traktorite, tankide, raudteel mootorvedurite, lae- vade, lennukite, dirižaablite, mitmesuguste ekskavaatorite, tõstekraanade, tuletõrjemasinate jne. käitamiseks.

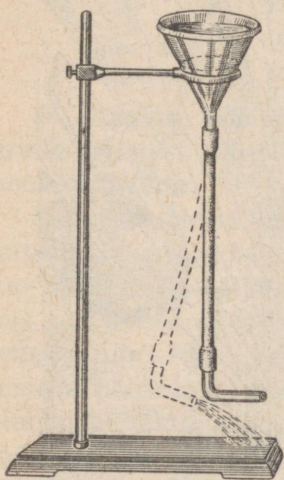


Sisepõlemismootorite kasutamise näiteid

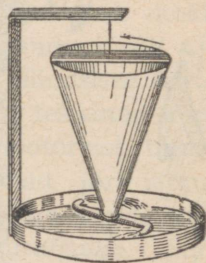
31. Reaktiivsed mootorid. Viimaseil aastail on õhu-
asjanduses toimunud sügavad muudatused. Ilmusid lennu-
kid reaktiivsete mootoritega, mis töötavad teistel põhimõ-
tetel kui harilikud lennukimootorid.

Reaktiivsete mootorite töötamise printsiip põhineb ühel
mehaanika põhiseadusel. Kui üks keha mõjub teisele
kehale mingi jõuga ja muudab selle kiirust, siis selle me-
haanika põhiseaduse järgi mõjub esimesele kehale nii-
sama suur, kuid vastupidiselt suunatud jõud.

Vaatleme katseid, mis sel-
gitavad seda põhimõtet. Uhen-
dame leetri kummitoruga,
mille otsas on kõverdunud



Joon. 31. Vedeliku
väljavoolu reaaktsioon.



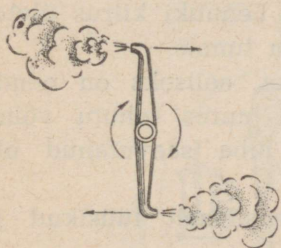
Joon. 32. Segneri
ratas.

klaastoru (joon. 31). Kui letrisse valada vett, siis hakkab
vesi välja voolama torust, mis seejuures kaldub kõrvale
vastassuunaliselt veejoo liikumisele. Uheaegselt rõhumis-
jõuga, mis surub vett torust välja, ilmub jõud, mis tõukab
toru vastupidises suunas.

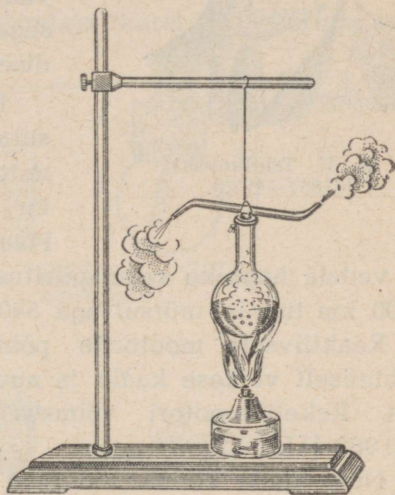
Jõudu, mis kallutab toru kõrvale, nimetatakse väljavoolujoa reaktsiooniks.

Joonisel 32 on kujutatud niinimetatud Segneri ratast, mis pöörleb väljavoolujoa reaktsiooni tõttu. Voolates välja torust, pöörab vesi ratast suunas, mis on vastupidine toru kõverustele.

Väljavoolava auru (joon. 33) reaktsioon paneb pöörlema riista, mis on kujutatud joonisel 34.



Joon. 33. Aurujoa reaktsioon.



Joon. 34. Auruvurr.

Väljavoolava gaasijoa reaktsiooni kasutatakse ammust ajast rakettide laskmisel.

Reaktiivsete mootorite tarvituselevõtu algatajaks lennuasjanduses oli kuulus vene õpetlane K. E. Tsiolkovski, kes esimesena teaduse ajaloos lõi reaktiivse liikumise teooria.

Juba 1903. aastal projekteeris Tsiolkovski raketi planeetidevaheliseks ühendusepidamiseks (joon. 35). Voolujoonelise pikerguse metallist kambri esimene osa on mää-



K. E. Tsiolkovski
(1857—1935).

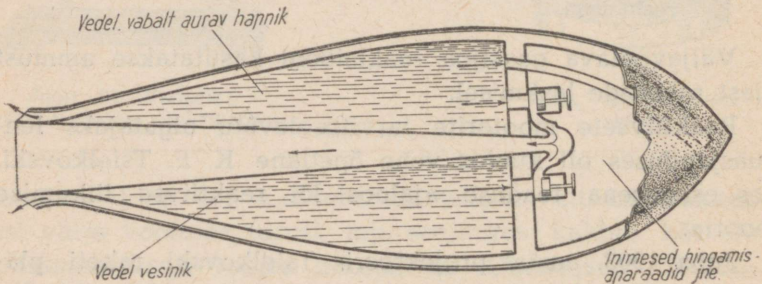
ratud inimese ja riistade jaoks. Kambri teises osas on vedela vesiniku ja hapniku tagavara, mis segudes moodustavad plahvatava segu. Plahvatusel tekkinud palavad gaasid lendavad torust välja tohutu kiirusega, tõugates raketti vastupidises suunas.

Reaktiivseid mootoreid kasutati Teise Maailmasõja ajal mitte üksnes lennukis, vaid ka kaugelaske mürskudes. Põletusainena kasutati bensiini

ja vedela hapniku segu, piiritust jt. Lennuki kiirus ületas 1000 km tunnis, mürsul aga 5400 km tunnis.

Reaktiivsete mootorite põhiliseks eeliseks on nende suhteliselt väikese kaalu ja suuruse juures tohutu võimsus. Raketi mootori võimsus on juba saavutanud üle 500 000 HJ.

Nõukogude Liidus töötavad intensiivselt füüsikud ja

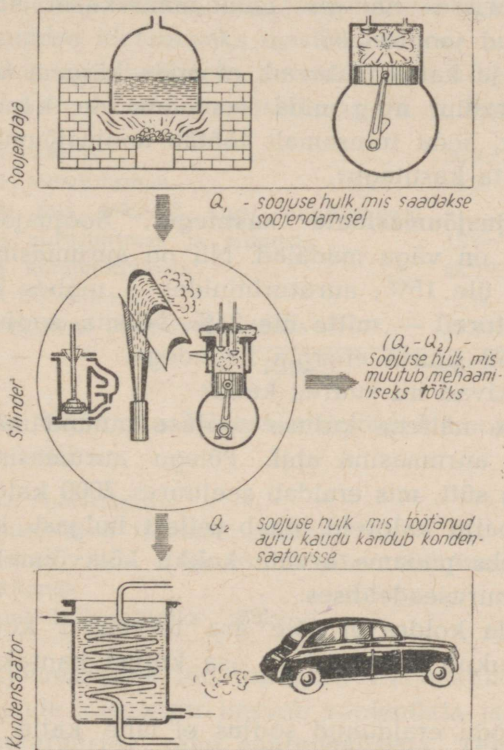


Joon. 35. Tsiolkovski planeetidevahelise raketi skeem.

tehnikud koos töölistega reaktiivsete mootorite täiustamise alal. Selle töö edu üle võib otsustada kasvõi kaardiväe reaktiivsete miinipildujate „katjušade“ järgi, mis olid fašistidele ootamatuks ning hirmsaks relvaks.

32. Soojusjõumasina peamised osad. Igas soojusjõumasinas, olgu see aurumasin, auruturbiin või sisepõlemismootor, võib eraldada kolm põhilist osa:

1) soojusallikas — soojendaja (katel ühes auruga auru-



Joon. 36. Energia muundumise skeem soojusjõumasinas.

masinais ja turbiinides või silinder bensiini, nafta jne. põlevate aurudega sisepõlemismootoreis);

2) masina töötav osa — (silinder ühes kolviga auru-masinas ning sisepõlemismootoris ja ratas auruturbiinis);

3) kondensaator (jahutaja) — (lihtsamal juhul õhk), kuhu läheb „töötanud“ aur või gaas.

Masina töötamisel läheb soojendaja soojusenergia masina töötavasse ossa, kus osa sellest muundub mehaaniliseks energiaks, ülejäänud muundamata osa aga läheb kondensaatorisse. Energia muundamiskeem soojusmasinas on antud joonisel 36.

Teooria ja katse näitavad, et mida kõrgem on soojendaja temperatuur ning mida madalam on kondensaatori temperatuur, seda tulusamalt töötab soojusjõumasin, seda suurem on ta kasutegur.

33. Soojusjõumasinate kasutegur. Soojusjõumasinate kasutegurid on väga madalad. Nii on aurumasinate kasutegur mitte üle 15%; auruturbiinidel — umbes 20%; sisepõlemismootoreil — mitte üle 34%. Niisiis, soojusjõumasina-d töötavad suurte energia kadudega.

Miks tekivad nii suured kaod?

Vaatleme näitena kütuse soojuse muundamist kasulikuks tööks aurumasina abil. Põlegu aurumasina küttekoldes 1 kg sütt, mis eraldab seejuures 7000 kalorit. Vaatleme, kui palju kaloreid läheb sellest hulgast kasulikuks tööks. Selleks püüame arvata kokku kõikvõimalikud soojuse kaod auruseadeldises.

Aurukatla koldes ei põle ära tervenisti kogu kütus, vaid osa kukub tuhakasti ja osa kütust kantakse suitsulõõridesse.

Edasi, kogu eraldunud soojus ei lähe katla soojendamiseks: osa temast läheb läbi seinte nende soojusjuhtivuse tõttu välja.

Nüüdisaegseis katlais ulatuvad need kaod 20%-ni. Järelikult juba küttekoldes kaotame me 7000 kilokalorist:

$$7000 \cdot 0,2 = 1400 \text{ kcal.}$$

Teel katlast masinasse aur jahtub, nii et masinani jõuab ainult osa soojust. Edasi, masina töötanud aur viib enesega kaasa tunduva osa soojusest, mis kulutati ta tekitamisele ja mida kuidagi ei saa muuta tööks. Lõpuks, kogu mehaaniline jõud, mis saadakse masina silindris, ei andu edasi jõumasina võllile, osa sellest tööst kulutatakse masina hõõrumise ületamiseks masina osades.

Enamik nüüdisaegsete aurumasinate küttekoldes ära kulutatud 1 kg kütuse soojusbilanss on umbes järgmine:

1. Kaod katlas	20%	1400 kcal
2. Kaod aurujuhtmes	4%	280 „
3. Kaod, mis tekivad auru muutumisest veeks aurujuhtmes ja silindris	15%	1050 „
4. Kaod kondensaatoris	48,7%	3409 „
5. Kaod hõõrdumisel	1%	70 „
6. Muundumine kasulikuks tööks	11,3%	791 „
Kokku	100%	7000 kcal

Soojuse keskmine bilanss sisepõlemismootorite jaoks on umbes selline:

1. Kaod hõõrdumisel	10%
2. Soojuse kaod töötanud gaasiga	35%
3. Soojuse kaod silindri kaudu ümbritsevasse keskkonda	30%
4. Muundub kasulikuks tööks	25%

Soojusjõumasinate töö uurimine viis teadlased järeldusele, et nende kasutegur kasvab soojendaja ja kondensaatori temperatuuride vahe suurenemisega. Temperatuuride suure vahe ärakasutamise suunas töötabki nüüdisaegne tehnika.

Nii kasutatakse aurumasinais kõrgrõhu ülekuumendatud auru, mille temperatuur ületab 200°. Teisest küljest aga — madala temperatuuriga ja madalarõhuline töötanud aur lastakse eri-kondensaatoritesse.

Eriti suur on temperatuuride vahe sisepõlemismootoris soojendaja ja kondensaatori vahel väga kõrgete temperatuuride tõttu, mis tekivad mootori silindris kütuse kiirel põlemisel.

Auruseadeldise üldine kasutegur tõuseb tunduvalt töötanud auru soojuse ärakasutamise teel tööstuse mitmesuguste harude vajadusteks, saunades ja pesumajades, maja kütmiseks jne. Meie Liidus pööratakse kaugkütte probleemile suurt tähelepanu. Juba nüüdki kasutatakse reas elektrijaamades, näiteks Moskva Riiklikus Elektri-jaamas, turbiinide töötanud auru paljude majade kütmiseks.

Harjutus 9.

1. Parimad kõige esimestest jõumasinatest kulutasid tunnis 16 kg sütt. Watt alandas selle arvu kuni 4 kg. Nüüdisaegsed parimad aurumasinad võtavad 1 HJ kohta veidi rohkem kui 0,5 kg. Arvutada kõigi nende masinate kasutegur, kasutades toodud andmeid.

2. Täiuslikumad aurumasinad kulutavad tunnis 1 HJ kohta 3000 kcal. Arvutada selliste masinate kasutegur.

3. Aurumasin kulutab 5100 kalorit 1 HJ kohta tunnis. Arvutada selle masina kasutegur ja võrrelda seda eelmise ülesande masina kasuteguriga.

4. 200 HJ võimsusega diiseli kasutegur on 34%. Määrata, kui palju soojust on vaja ühes tunnis antud mootori jaoks.

ELEKTER.

IV peatükk.

ALGTEADMISI ELEKTRIST.

34. Sissejuhatus. Hoolimata sellest, 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.“

Alates sellest perioodist hakkas õpetus elektrilistest nähtustest kiiresti arenema ning leidis laialdase rakendamise praktikas.

Selle õpetuse alusel loodi laiad tehnilise teaduse alad — elektrotehnika ja raadiotehnika.

Juba V. I. Lenini eluajal alustatud NSV Liidu elektrifitseerimine on käesoleval ajal haaranud kogu Nõukogude Liidu tööstuse, on tunginud laialt põllumajandusse ning on NSV Liidu miljonitele töötajatele andnud võimaluse kasutada elektrienergiat igapäevases elus.

Kuid mis on elektrivool? Missugustel tingimustel ta tekib? Millisel teel toodetakse elektrienergiat? Milles on ta eelis energia muude liikide ees?

Kõik need pole kerged küsimused.

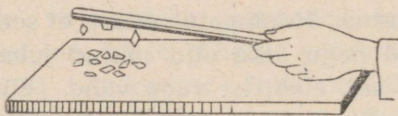
Et vastata neile, on vaja õppida tundma küllalt suurt ringi elektrilisi nähtusi.

Selline tundmaõppimine aitab paremini mõista kõike

sega määratu suurt tähtsust, mis on elektrifitseerimisel NSV Liidu rahvaste elus.

35. Elektriseerimine hõõrumise teel. Juba kauges minevikus pandi tähele, et villase riidega hõõrutud merivaik¹ omandab võime tõmmata külge kergeid esemeid, näiteks õlekõrrekesi, paberitükikesi jne.

Hiljem tehti kindlaks, et seda omadust evib mitte üksnes villase riidega hõõrutud merivaik.



Joon. 37. Elektriseerimine hõõrumise teel.

Paberitükikesi tõmbavad külge kaleviga hõõrutud kirjallakk (joon. 37), villa või karusnahaga hõõrutud eboniit ja siidiga hõõrutud klaaspulk. Ka täiesti kuiv käega hõõrutud paberileht ilmutab seda omadust.

Taoliste nähtuste põhjus nimetati XVII sajandi algul elektriks — kreekakeelsest sõnast *elektron*, nii nimetatakse kreeka keeles merivaiku.

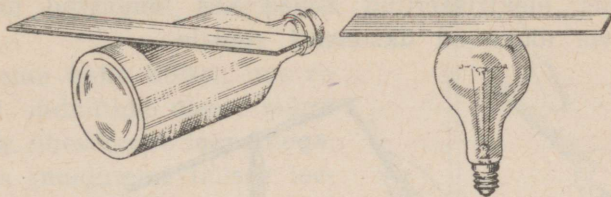
Keha kohta, mis on omandanud kergeite kehade külgetõmbe võime, öeldakse, et ta on elektriseeritud, või et talle on antud elektrilaeng.

Harjutus 10.

1. Pange lauale pudel ja asetage sellele tasakaalus joonlaud või pliiats. Pudeli asemel võib võtta elektripirni (joon. 38) või muu mistahes sileda ümmarguse eseme, et ainult hõõrdumine oleks aluse ja joonlaua vahel võimalikult väike.

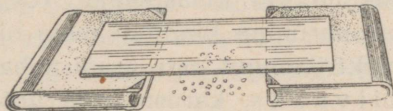
¹ Merivaik — möödunud geoloogilistel ajajärkudel kasvanud okaspuude vaik.

Võtke galaliidist kamm ja hõõrge seda vastu kuiva ajalehepaberit ning lähendage külje poolt joonlauale — joonlaud pöördub kõrvale.



Joon. 38.

2. Võtke vihikusuurune klaasplaat, puhastage ning kuivatage ta. Siis pange ta kahe raamatu äärelle (joon. 39). Raamatute vahele lauale asetage hülsipaberi tükikesi (võib ka ajalehepaberi tükikesi, tähtis on, et tükikesed oleksid võimalikult kerged). Hõõrge ülalt klaasi kuiva ajalehepaberi tombuga ja vaadeldge paberitükikeste „tantsu“ klaasi all.



Joon. 39.

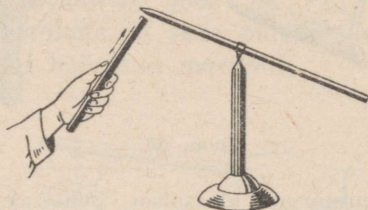
3. Avage vee kraan ja laske veel voolata peenikese vaigse joana. Elektriseerige kamm, lähendage joale ning vaadeldge joa külgetõmbumist.

36. Kahte liiki elekter. Hõõrume kahte eboniitpulka kalevilapiga. Asetanud ühe pulga nii, et ta võiks pöörelda, lähendame sellele teise pulga (joon. 40). Me märkame, et elektriseeritud eboniitpulgad tõukuvad teineteisest eemale.

Täpselt samasugune tagajärg saavutatakse, kui eboniitpulkade asemel võtta klaaspulgad ja neid hõõruda nahaga.

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

Niisiis, elektriseeritud kehad kas tõmbuvad üksteise poole või tõukuvad üksteisest eemale.



Joon. 40.

Mis kutsub esile sellise elektriseeritud kehade vastastikuse mõju erinevuse?

On täiesti loomulik oletada, et eboniitpulga elektrilaeng on teistsugune kui klaaspulgal. Tõepoolest, nende nähtuste hoolikas uurimine kinnitab meie oletust.

Klaaspulga elektrilaengut, mis saadi nahaga hõõrumisel nimetati positiivseks, karusnahaga hõõrutud eboniitpulga elektrilaengut aga — negatiivseks. Kõik muud kehad elektriseeruvad kas nii nagu klaaspulk, s. o. positiivselt, või nagu eboniit — negatiivselt.

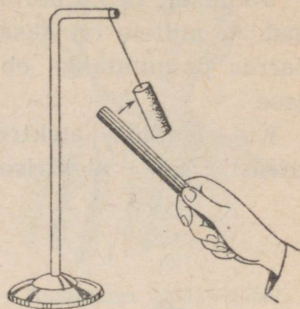
Tähendab, looduses on kahte liiki elektrit — positiivne ja negatiivne elekter.

Meie poolt korraldatud katsed näitavad, et ühenimelise elektriga laetud kehad (näiteks kaks eboniitpulka) tõukuvad teineteisest eemale, isenimelise elektriga laetud kehad (eboniitpulk ja klaaspulk) aga tõmbuvad teineteise poole.

37. Elektroskoop. Lähendame elektriseeritud eboniitpulga paberist hülsile, mis ripub siidniidi otsas (joon. 41). Algul hüls läheneb pulgale, siis puudutades seda, tõukub sellest eemale. Nähtavasti sai hüls pulka puudutades

negatiivse laengu. Seda oletust võib tõestada, lähendades juba laetud hülssile elektriseeritud klaaspulga. Hülss, mis äsja tõukus eboniitpulgast eemale, tõmbub klaaspulga külge.

Laeme kaks hülssi, mis ripuvad siidniitide otsas, märgi pooldest ühesuguste laengutega; selleks puudutame hülssi laetud eboniitpulgakesega. Kui lähendame neid, mille otsas ripuvad hülssid, siis näeme, et need tõukuvad teineteisest eemale (joon. 42).

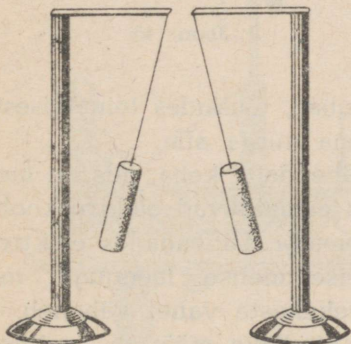


Joon. 41.

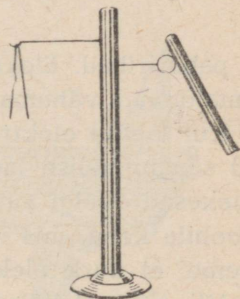
Metalltraadil, mis on kinnitatud eboniidist alusele, ripub kahekorra murtud hülssipaberi riba (joon. 43).

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

Iga eespool kirjeldatud katse abil võime teha kindlaks



Joon. 42

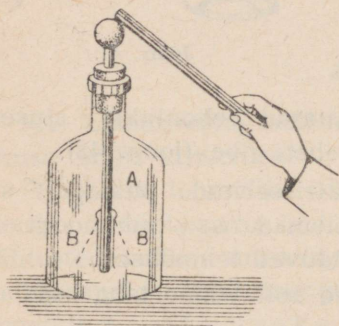


Joon. 43.

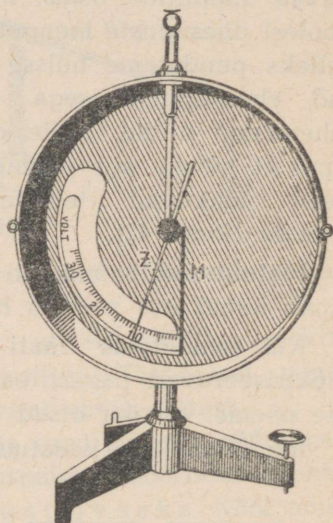
keha elektrilist olekut. Kuid kohasem riist selleks otstarbeks on elektrooskoop.

Joonisel 44 kujutatud elektrooskoop koosneb metallvardast *A*, millele on aasadega kinnitatud kaks pabeririba *B*. Varras paigutatakse eboniitkorgi abil klaasist ümbrisse.

Kui laadida elektrooskoobi varrast, siis elektriseeruvad



Joon. 44.



Joon. 45.

ka paberiribad. Elektriseeritud ribad, tõukudes teineteisest, eemalduvad vähema või suurema nurga alla.

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

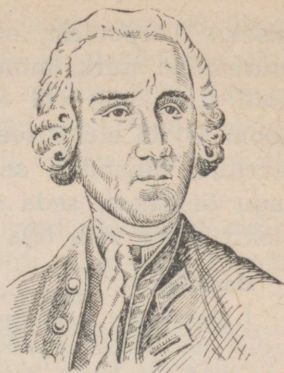
Nii võib elektrooskoobi abil kindlaks määrata, millise laenguga on elektriseeritud üks või teine keha.

Elektroskoobil, mis on kujutatud joonisel 45, on metallkesta sisemuses paberiribade asemel teljele kinnitatud kergelt liikuv osuti Z, mille ots liigub piki skaalat.

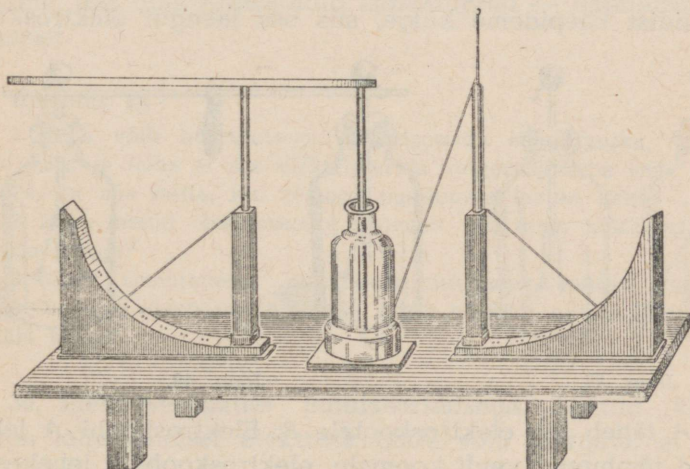
Varda M laadimisel eemaldub osuti Z vardast teatud suurusega nurga alla.

Elektriliste nähtuste uurimiseks kasutas teaduses esimesena elektroskoopi vene füüsik Richmann (Lomonosovi kaasaeglane ja sõber). Richmanni elektroskoop koosneb niidist, mis tõukub eemale elektriseeritud teljest (joon. 46).

Elektroskoopi võib kasutada mitte üksnes keha elektriseerumise kvalitatiivseks, vaid ka kvantitatiivseks hinda-



Richmann (1711—1753).



Joon. 46. Richmanni elektroskoop.

miseks. Tõepoolest, on täiesti loomulik oletada, et mida suurem on nurk, mille alla kaldub kõrvale elektroskoobi osutí (joon. 45) või eemalduvad elektroskoobi lehekese (joon. 44) ta elektriseerumisel, seda tugevamini on elektriseeritud, tähendab, seda rohkem on temas elektrit, või nagu öeldakse, seda suurema laengu sai elektroskoop. Elektrilaeng võib olla nii positiivne kui ka negatiivne.

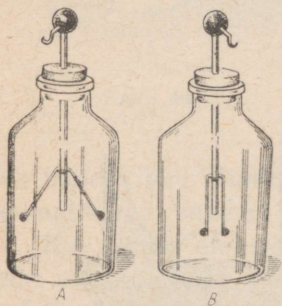
Harjutus 11.

1. Peenikeste siidniitide otsa on riputatud kaks täiesti ühesugust leedrisäsist kuulikest, üks laetud, teine laadimata. Kuidas teha kindlaks, kumb kuulike on laetud?

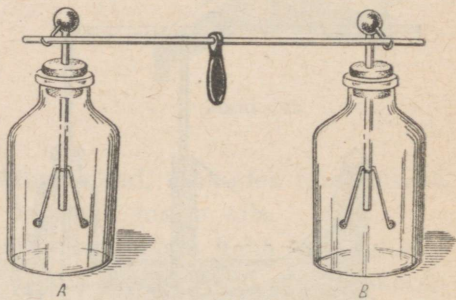
2. Millega seletada, et kerge leedrisäsikuulike, mis algul tõmbub elektriseeritud kepikese külge, siis sellest jälle eemale tõukub?

38. Juhid ja isolaatorid. Laeme võimalikult tugevamini paberilehekeselega elektroskoobi ja lähendame sellele teise samasuguse, kuid laadimata elektroskoobi (joon. 47).

Kui ühendada laadimata elektroskoobi *B* kuulike laetud elektroskoobi *A* kuulikesega traadi abil, mis on kinnitatud eboniidist käepideme külge, siis osa laengut elektroskoo-



Joon. 47.



Joon. 48.

bilt *A* läheb üle elektroskoobile *B*. Elektroskoobi *A* lehekeseid tõmbuvad veidi koomale, elektroskoobi *B* lehekeseid aga eemalduvad teineteisest (joon. 48).

Kui elektroskoopide *A* ja *B* kuulikesed (joon. 49) ühendada erinevaist materjalidest traatide ja plaadikeste abil, siis võib kindlaks teha, et mõningaid mööda neist, näiteks metalltraate mööda, kanduvad laengud üle, teisi mööda aga, näiteks eboniitpulka või siidniiti mööda, laengud üle ei kandu.

Kehi, mida mööda laengud kanduvad üle ühest punktist teise, nimetatakse juhtideks. Kehi, mille kaudu laengud ei lähe üle, nimetatakse isolaatoriteks¹.

Headeks juhtideks on metallid, inimese ja mitmesuguste loomade keha, vesi, milles on lahustatud mitmesuguseid soolasid jt.

Head isolaatorid on merivaik, kautšuk ja üldse vaigused ained, petrooleum, õlid, siid, kuiv klaas jt.

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

Harjutus 12.

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

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

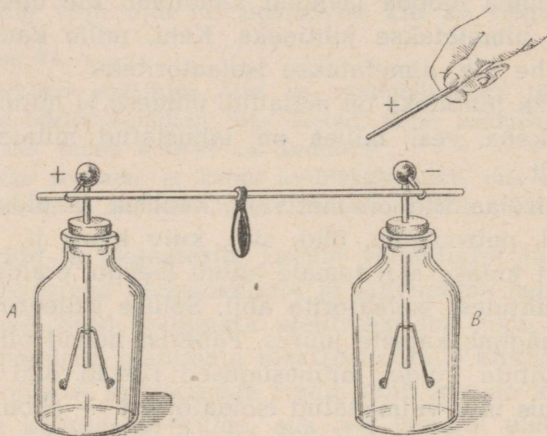
3. Miks soovitatakse elektriseerimiskatsete juures riputada mitmesuguseid elektriseeritud kehi mitte harilike niitide, vaid siidniitide külge?

39. Elektriseerimine indutseerimisega. Laetud klaaspulga lähendamisel elektroskoobile võib märgata, et veel

¹ Isolaatorid — itaaliakeelsest sõnast *isolare* — eraldama.

enne, kui pulk puudutab elektroskoopi, eemalduvad selle lehekesed üksteisest.

Kui lehekesed eemalduvad, tähendab — elektroskoop on laetud. Eemaldame pulga elektroskoobi juurest. Lehekesed langevad alla ja järelikult elektroskoop on jälle laadimata.



Joon. 49.

Selgitame, kuidas ilmuvad laengud elektroskoobile ja kuidas nad kaovad. Ühendame kaks elektroskoopi traaditükiga, mille keskel on eboniidist käepide. Lähendame (kuid ei puuduta) ühele elektroskoobile elektriseeritud pulga. Mõlemad elektroskoobid osutuvad laetuks (joon. 49). 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.

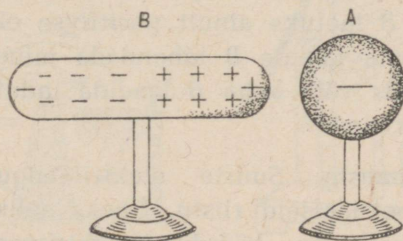
Nüüd jäävad laetud pulga eemaldamisel mõlemad elektroskoobid laetuks. Ühendame elektroskoobid traadiga — nad kaotavad laengu (lehekesed langevad alla).

Kuhu kadusid laengud elektroskoopidelt?

Ära minna nad ei võinud, sest ühendades elektroskoope 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 elektroskoop osutub laetuks negatiivselt, kaugemal olev aga positiivselt.

Sellist laadimist nimetatakse elektriseerimiseks indutseerimisega (mõjumisega). Elektriseerimist indutseerimisega saab seletada, kui oletada, et laadimata juhis on nii positiivne kui ka negatiivne elekter ühesugustes hulkades, kusjuures mõlemad elektrid või üks neist võivad kehas vabalt ümber asetuda. Negatiivselt laetud keha A lähen-

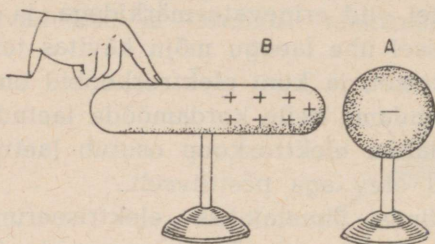


Joon. 50.

damisel laadimata juhile B (joon. 50) liiguvad viimases negatiivsed laengud, tõukudes keha A negatiivsest laengust juhi vastasotsale. Keha B üks ots elektriseerub positiivselt, teine — negatiivselt.

Kui eemaldada keha A, siis kehas B ümberasetunud negatiivsed laengud tõmmatakse uuesti positiivselt laetud osade poole ja meie ei märka enam juhile B laengut. Kui keha A

uuesti lähendada kehale *B* ja ühendada keha *B* maaga, puudutades kas või sõrmega keha *B*-d, siis negatiivsed laengud, püüdes kehast *A* tõukuda võimalikult kaugemale,



Joon. 51.

lähevad maasse (joon. 51). Kehas *B* ilmneb negatiivsete laengute puudujääk ja ta osutub positiivselt laetuks. Kui nüüd keha *B* lahutada maast ja siis eemaldada ka keha *A*, siis jääb juht *B* laetuks ainult positiivse elektriga.

Kui laadimata kehale *B* lähendada mingi positiivselt laetud keha, siis võib keha *B* laadida indutseerimise teel negatiivse elektriga.

40. Elektrimasin. Suurte elektrilaengute saamiseks kasutatakse spetsiaalseid riistu. Üheks selliseks, ehituselt lihtsaimaks riistaks on „hõõrdumiselektrimasin“ (joon. 52). See koosneb klaaskettast *B*, mis käepideme abil teljel pöörlema pannakse, ja kahest nahkpadjakesest *A*. Pöörlemisel hõõrdub klaas vastu padjakesi ja elektriseerub positiivselt, padjakesed aga ja nendega ühendatud konduktor (juht) *L* elektriseeruvad negatiivselt.

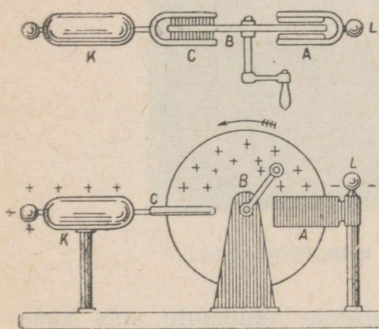
Klaasketas liigub pöörlemisel metallkavli *C* teravike vahel, mis on ühendatud konduktoriga *K*. Positiivsed laengud kettal elektriseerivad indutseerimise teel konduktori *K* positiivselt, kavli *C* teravikud aga negatiivselt.

Kahvli negatiivne elekter voolab teravikelt klaaskettale, kus ühineb positiivse laenguga.

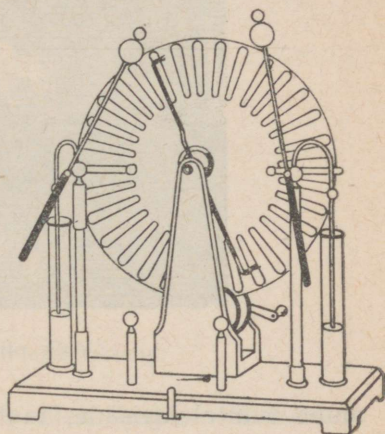
Nii koguneb konduktorile L negatiivne laeng, konduktorile K aga positiivne.

Praktikas kasutatakse tihti ehituselt hoopis keerukamat elektrimasinat (joon. 53).

Kui masina töötamise ajal lähendada teineteisele teatud kaugusel kuulikesed A ja B (joon. 53), millele kogunevad vastasmärgilised laengud, siis võib nende vahel toimuda laengutühjendus, ilmub elektrisäde. Sädeme ilmumisega kaasneb iseloomulik, mõnikord väga tugev ragin.

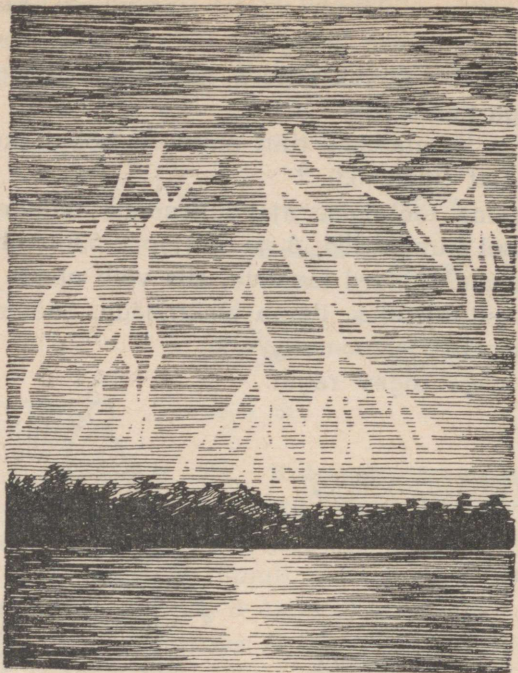


Joon. 52.



Joon. 53.

41. Elektrilisi nähtusi atmosfääris. Palavail suvepäevil võib sageli täheldada äikest, mida saadavad välg ja mürin. Paljude tuhandete aastate jooksul inimkond nägi värku ja kuulis müristamist, kuid nende nähtuste olemus sai teatavaks alles pärast hoolikaid uurimusi, mida tegid XVIII sajandi algul teadlased Franklin, Lomonossov ja Richmann. Nimetatud teadlaste töödega tõestati, et välg pole midagi

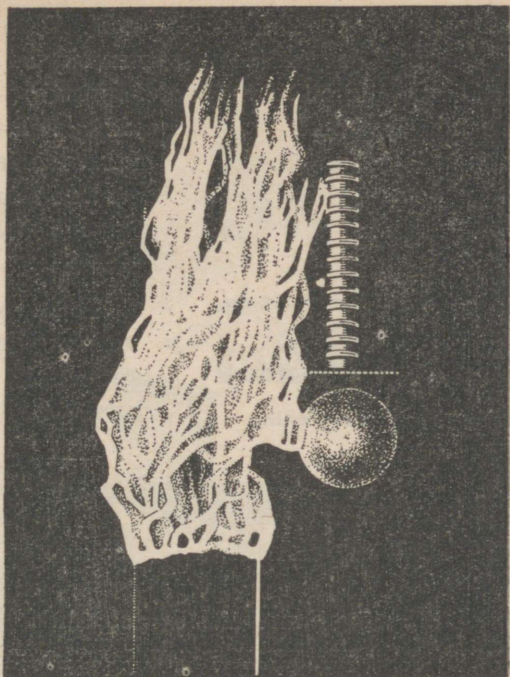


Välg pilve ja maa vahel.

muud kui elektrisäde, taoline sellele sädemele, mis saadakse elektrimasina laengu tühjenemisel, müristamine on aga ragin, mis saadab sädet.

Selle väite katseliseks tõenduseks lasti äikese ajal pilvedesse metallteravikuga varustatud tavaline lohe. Lohe lasti üles nõõri otsas, mis lõppes siidnõõriga. Kui nõõr märjaks sai ja juhiks muutus, võis sellest saada väga suuri sädemeid, milledega kaasnes tugev ragin. Need katsed on väga kardetavad. 1753. a. sai äikese ajal saadud sädemest surma vene õpetlane Richmann.

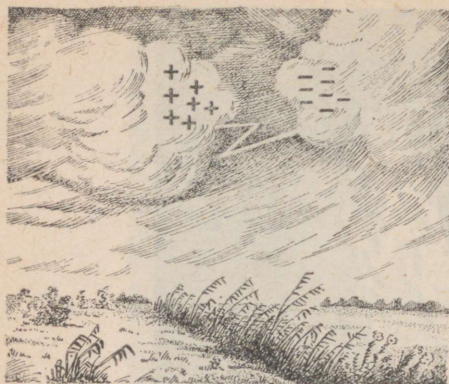
Välgu tekkimist võib seletada järgmisel viisil. Kui kaks



Laboratooriumis saadud elektrilaeng.

pilve, mis on laetud isenimeliste elektritega, lähenevad teineteisele teatud kaugusele, siis toimub nende vahel laengutühjendus — välg, mida saadab ragin — müristamine (joon. 54). Välg ja müristamine toimuvad üheaegselt; et aga välgukiire levimiskiirus on 300 000 km/sek ja hääle oma kõigest 340 m/sek, siis kuuleme müristamist alles pärast seda, kui oleme välku näinud. Laengutühjendus — välg — võib tekkida mitte ainult kahe pilve vahel, vaid ka pilvede ja maa vahel (joon. 55).

Kui näiteks positiivse elektriga laetud äikesepilv tuleb maale küllalt lähedale, siis indutseerib ta maa selles kohas,

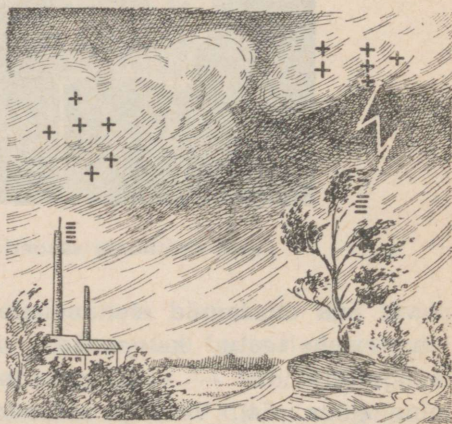


Joon. 54. Pilvedevaheline välk.

eriti aga kõrgeis esemeis, negatiivse elektri. Seejuures võib toimuda pilve ja maa vahel laengutühjendus — pilve ja maa vahel näeme välku.

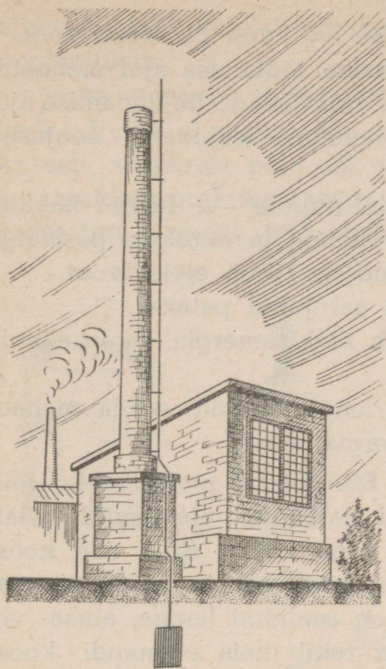
Kuju poolest on välke väga mitmesuguseid: sirgete kitsaste ribade näol,

siksakiliste ribadena ja helendava kera kujul; viimased lõhkevad kõrvulukustava müraga. Välg, mis läbib puu, pilbastab selle ja sageli söestab. Kui välg läbib metallile, siis ta sulatab need. Sattudes liivasse, välg sulatab seda, moodustades omapärase kujuga torukesi, mida rahvas nimetab piksenoolteks (fulguriidid).



Joon. 55. Välg lõi puusse.

42. Piksevarras. Et kaitsta hooneid välgu purustava toime eest, seatakse üles piksevardad. Lihtsamakujuline piksevarras kujutab endast teravaotsalist metallvarba, mis pannakse hoonete katusele (joon. 56). Metallvarb ühenda-



Joon. 56. Piksevarras.

sel juhul piksevarras mitte ainult ei too kasu, vaid tõmbab enesele pikselöögi ja see võib hoonet kahjustada.

V p e a t ü k k .

ELEKTRIVOOL.

43. Elektrivool. Kui vändata elektrimasinat (joon. 53), siis kogunevad kuulikestele *A* ja *B* laengud.

Kuulikeste lähendamisel toimub nende vahel laengu-tühjendus, ilmub elektrisäde.

Elektrilaengu tühjendus kujutab enesest elektrilaengute liikumist — elektrivoolu.

takse väga heade elektrijuhtide abil maja kõigi metallosadega, nagu plekk-katusega, veetorudega ja samuti ka maaga pinnase niiskeisse kihtidesse kaevatud vaskplaadi abil. Laetud pilve poolt piksevarda teravikule tõmmatud elekter voolab õhku. Kui pikne „löökski“ piksevar-
dasse, siis pilve elek-
ter läheb juhti mööda
maasse, tekitamata ma-
jale mingisugust kahju.
Kõige tähtsam on pik-
sevarda ehituses hea
ühendus maaga —
maandamine. Vasta-

Lõpetame masina väntamise — kaob ka elektrivool.

Selles katses muundus masina töötamise ajal mehaaniline energia elektrienergiaks, mis laengutühjendamise ajal omakorda muundus energia muudeks kujudeks: soojuse-, valguse- ja hääleenergiaks.

Vajutame taskuelektrilambi nupule — lamp hakkab põlema. Lambi hõõgniidikest mööda ja niidikest patareiga ühendavaid metalljuhtmeid mööda läheb elektrivool.

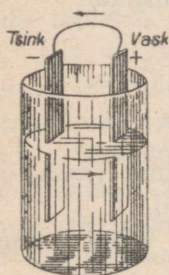
Elektrienergia allikaks on sel juhul patareid.

Lambi niidikeses muundub elektrienergia soojuseks ja valguseks.

Katsed näitavad, et elektrienergiat võib saada mehaanilise, keemilise ja soojusenergia arvel.

44. Galvaani elemendid. Esimesteks praktilisteks töötavateks vooluallikateks olid galvaani elemendid. Galvaani elementide ehitus on väga lihtne. Kõik nad koosnevad põhiliselt kahest erisugusest juhust, mida nimetatakse elektrodideks ja mis on asetatud happe, aluse- või soolalahusesse. Elektrienergia tekib neis elemendi koosseisu kuuluvate ainete vastastikuse mõjutuse keemilise energia arvel.

Esimese galvaani elemendi leiutas itaalia füüsik Volta XIX sajandil. See koosneb vask- ja tsinkplaadikesest, mis on asetatud väävelhappe lahusesse (joon. 57). Plaadikeste otsi, millega ühendatakse juhtmed, nimetatakse elemendi poolusteks. Volta elemendis on vaskplaadi ots positiivseks pooluseks, tsinkplaadi ots aga negatiivseks. Kui elemendi poolused ühendada traadi abil elekterkõlislitiga, siis hakkab viimane kõlisma. Elemendi poolustega ühendatud väike

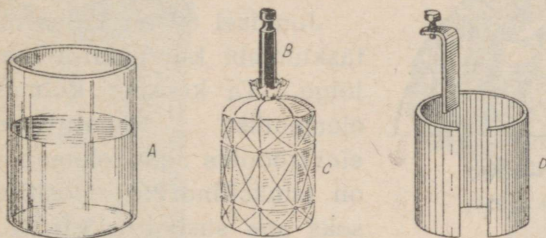


Joon. 57.
Volta element.

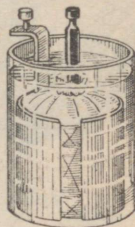
elektrilambike hakkab põlema. Järelikult on meie element vooluallikas.

Volta elemendi töötamisel kuluvad ära tsink ja väävelhape. Volta elemendi kui vooluallika tegevus nõrgeneb kiiresti, seepärast pole sel elemendil praktilist tähtsust.

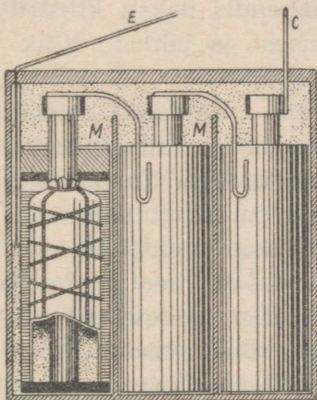
Laialdast praktilist kasutust leiab jooniseil 58-a ja 58-b kujutatud element. See element koosneb tsinksilindrist *D*



Joon. 58-a.



Joon. 58-b.



Joon. 59. Taskulambipatarei.

M — kartongi tükikesed, mis eraldavad tsinksilindrikest; *C* — süsivarva külge kinnitatud metalliriba; *E* — tsinksilindrikest külge kinnitatud metalliriba.



Volta (1745—1827).

ja söest varvast *B*, mis on paigutatud mangaanülihapendit sisaldavasse kotikesse *C*. Kõik see on paigutatud purki *A*, millesse valatakse salmiaagi vesilahus. Positiivseks pooluseks on siin süsi, negatiivseks tsink.

Joonisel 59 on kujutatud taskulambi kuivpatarei läbilõige. Ta koosneb kolmest elemendist. Negatiivseks elektroodiks igas elemendis on tsinksilindrike, positiivseks aga süsivarb. Süsivarb

on paigutatud linasest riidest kotikesse, mis on täidetud mangaanülihapendi ja söe seguga. Vedeliku asemel kasutatakse sellises elemendis paksu klišitrit, mis on valmistatud salmiaagilahusest ja jahust. Kõik elemendid ühendatakse omavahel.

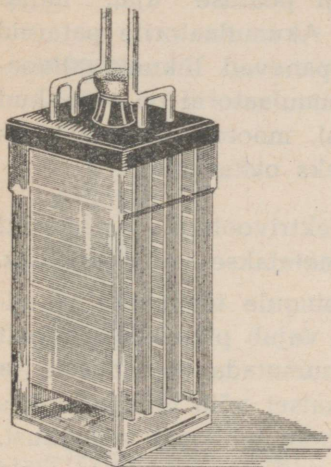
45. Akumulaatorid. Galvaani elementide töötamisel kuluvad ära elektroodid ja lahus. Teatud aja möödumisel tuleb need asendada uutega. Tunduvalt paremad selles ja mitmes muus suhtes on akumulaatorid.

Akumulaatori lihtsaim mudel koosneb kahest väävelhappe lahusesse asetatud seatinaplaadikesest. Ehitanud seesuguse mudeli ning proovinud ta tegevust kasvõi elekterkõlisti juures, võime veenduda, et see akumulaator voolu ei anna — kell ei kõlise.

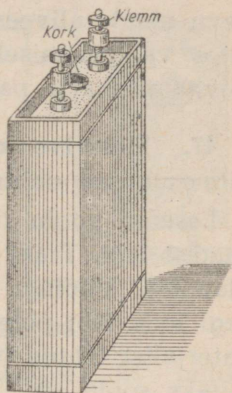
Et akumulaator töötaks, on vaja teda „laadida“. Laadimise otstarbel lastakse läbi akumulaatori mingi muu vooluallika vool, näiteks galvaani elementide vool, ühendades akumulaatori seatinaplaadikesed vooluallika klemmidega.

Teatud aja möödudes on akumulaator laaditud ning hakkab andma voolu ise.

Peale seatina-akumulaatorite kasutatakse käesoleval ajal laialt raudnikkel-akumulaatoreid, või nagu neid nime-



Joon. 60.
Seatina-akumulaator.



Joon. 61.
Raudnikkel-akumulaator.

tatakse teisiti, lehelis-akumulaatoreid. Seesuguse akumulaatori üks plaat on rauast, teine niklist. Need on asetatud sööbekaaliumi lahusesse.

Joonistel 60 ja 61 on kujutatud mõlemat tüüpi akumulaatori väline kuju.

46. Akumulaatorite kasutamine tehnikas. Sõna akumulaator tähendab koguja. Akumulaatorisse kogutakse olemasoleva elektrienergia tagavarad, muundades need keemiliseks energiaks, mis akumulaatori töötamise ajal muundatakse jälle elektrienergiaks.

Akumulaator töötab alati korralikult (õigel hoolitsemisel) ja kulu tema laadimiseks on märksa odavam kui gal-

vaani elementide äratarvitatud ainete täielik asendamine uutega.

Akumulaatorid leiavad kõige mitmekesisemat ning laialdast kasutamist. Nii näiteks annavad nad voolu raudtee-vagunite valgustamiseks rongi peatuse ajal, millal rongi dünamomasinad ei tööta. Akumulaatorite patareid annavad voolu mootoreile, mis panevad liikuma allveelaevu nende allveesõidu ajal. Akumulaatorid on vajalikud autos valgustamiseks seisaku ajal, mootori automaatseks käivitamiseks ja paljudeks muudeks otstarveteks.

47. Elektrivoolu toimed. Elektrivooluga kaasnevad mitmesugused nähtused, mida nimetatakse voolu toimeks.

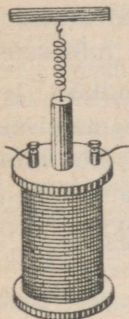
Laseme voolu tugede vahel pingule tõmmatud raudtraadist läbi. Traat soojeneb ning vajub pikenedes kergelt allapoole. Vooluga võib traati kuumutada helenduseni ja isegi teda läbi põletada. Taolist katset võib teha mistahes materjalist tehtud traadiga. Kui voolu juhtivast vedelikust, näiteks soola või väävelhappe vesilahusest lasta läbi elektrivool, siis soojeneb ka vedelik.

Niisiis juht, mida mööda läheb vool, soojeneb.

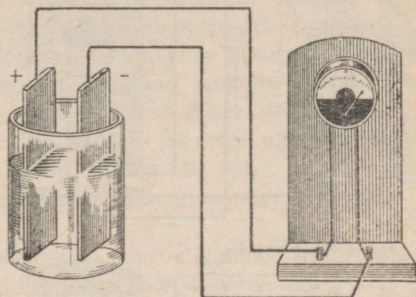
Mähime isoleeritud traadi raudnaela ümber. Kui lasta läbi traadi voolu, siis muutub nael magnetiks — ta tõmbab külge rauast esemeid; kui aga katkestada vool, siis kukuvad külgetõmbunud esemed küljest ära — nael lakab magnetiks olemast.

Voolu magnetilist toimet võib näidata ka järgmise katsega. Asetame traatpooli sisse tüki rauda, mis on riputatud vedru külge. Kui poolis voolu ei ole, on rauatükk liikumatu. Poolist voolu läbilaskmisel tõmbub rauatükk (südamik) pooli sisemusse (joon. 62). Soojeneva traadiga või poolisse tõmbuva südamikuga riistad võivad olla voolu olemasolu näitajaks juhul.

Selliseid riistu, mis näitavad voolu olemasolu ning mõõdavad selle suurust, nimetatakse galvanomeetriteks. Joonisel 63 on näidatud galvanomeetri väliskuju. Galvano-
meetri osuti kaldub kõrvale, kui galvanomeetrit läbib vool.



Joon. 62.



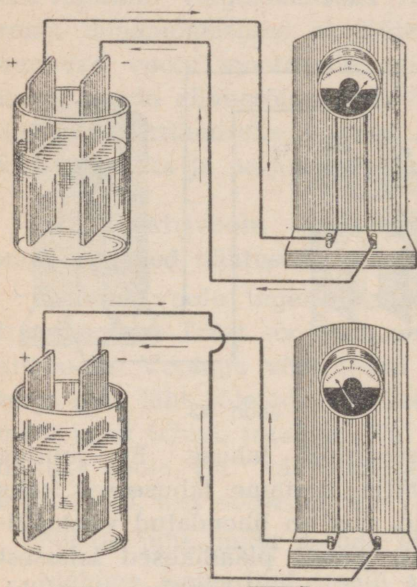
Joon. 63.

Laseme voolu läbi vasevitrioli lahuse. Et juhtida voolu lahusesse ja sealt välja, asetame lahusesse kaks süsiplaadikest — elektrodid, 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.

Niisiis võivad ka keemilised nähtused lahustes olla voolu olemasolu näitajaks juhul.

48. Voolu suund. Võtame volta elemendi ja galvanomeetri, mille nulljaotis on skaala keskel. Ühendame elemendi positiivse pooluse galvanomeetri vasakpoolse klemmiga (joon. 64), negatiivse aga parempoolse klemmiga. Oletame, et galvanomeetri osuti kaldus paremale poole. Kui nüüd positiivne poolus ühendada parempoolse klem-

miga, negatiivne aga vasakpoolsega, siis kaldub osuti kõrvale vastupidises suunas. Galvanomeetri osuti kaldumine vastupidises suunas on seletatav voolu suuna muutmisega ühenduses juhtmete ümberlülimisega.



Joon. 64. Voolu suund vooluringis.

Nagu juba on näidatud, on elektrivool elektrilaengute liikumine juhi sees.

On kindlaks tehtud, et metalsetes juhtides võib vabalt liikuda ainult negatiivne elekter. Voolu juhtivais vedelikes aga on elektrivool tingitud mõlemamargiliste elektrite — positiivse ja negatiivse liikumisest.

Küsimus voolu suunast kerkis esile teaduses siis, kui voolumehhanism mitmesugustes juhtides

polnud veel selge. Tollal arvati, et nii positiivne kui ka negatiivne elekter võib ümber asetuda kõigis juhtides.

Tingimisi võeti voolu suunana see suund, mida mööda juhik hakkaksid liikuma positiivsed laengud, s. o. allika positiivse pooluse poolt negatiivse pooluse poole.

Harjutus 13.

1. Valmistage galvaani element. Selleks valage klaasi keedu-soola lahust. Võtke tsinkplaat ja süsivarvake ning kinnitage nad puulauakese külge teineteise lähedale (lauake tuleb võtta sellise

pikkusega, et ta otsad toetuksid klaasi äärtele). Kinnitage tsink-plaadi ja süsivarvakese külge vaskjuhe ning pange plaat ja varvake teie poolt valmisseatud lahusesse — ja vooluallikas ongi valmis. Süsi on positiivne poolus, tsink aga — negatiivne.

Nüüd tehke enesele galvanomeeter. Selleks võtke väike lauake ning tehke talle kahelt poolt madalad äärised. Lauakese mõõted peavad olema sellised, et ääriste vahele mahuks lauakesele vabalt kompass. Ääriste keskele ja lauakese tagumisele küljele tehke väljalõige ja kerige sinna 20—30 keerdu isoleertraati. Asetage lauakesele traadi alla kompass. Enne galvanomeetri kasutamist pöörake lauake nii, et traadi ja kompassi osuti sihid langeksid ühte. Ühendage oma galvanomeetri mähise otsad teie poolt valmistatud elemendi poolustega. Kompassi osuti kaldub kõrvale, näidates sellega, et traati mööda läheb vool. Võtnud lahusest välja tsingi ja söe, säilitage omavalmistatud element ja galvanomeeter — nad on vajalikud ka edaspidi.

2. Ühendage oma galvanomeeter oma elemendi poolustega ja pange tähele, kuhu poole kaldub osuti põhjapoolne ots.

Lülige juhtmed ümber ja veenduge, et osuti põhjapoolne ots kaldub teisele poole.

Korrake katset veel kord. Tehke joonis ühes osuti põhjapoolse otsa kõrvale kaldumise ning voolusuuna äranäitamisega.

49. Elektrivooluring. Vooluallikas, teise sõnaga — generaator, on seadis, milles mistahes energia liik muundatakse elektrienergiaks. Nii näiteks tekib galvaani elementides elektrienergia keemilise energia arvel. Allikast tekkinud elektrienergiat võime ära kasutada, muundades teda, näiteks pliidis — soojusenergiaks, elektrimootoris — mehhaaniliseks energiaks. Pliit ja mootor on energia vastuvõtjad (tarvitajad).

Generaatorist tuleb elektrienergia toimetada vastuvõtjasse. Selleks ühendatakse viimane generaatoriga juhtmete abil.

Kui me näiteks soovime lõpetada lambi põlemist, siis peame katkestama lambi ühenduse vooluallikaga. Selleks on olemas mitmesugused katkestajad.

Omavahel ühendatud generaator, vastuvõtja, juhtmed ja katkestaja moodustavad elektrivooluringi.

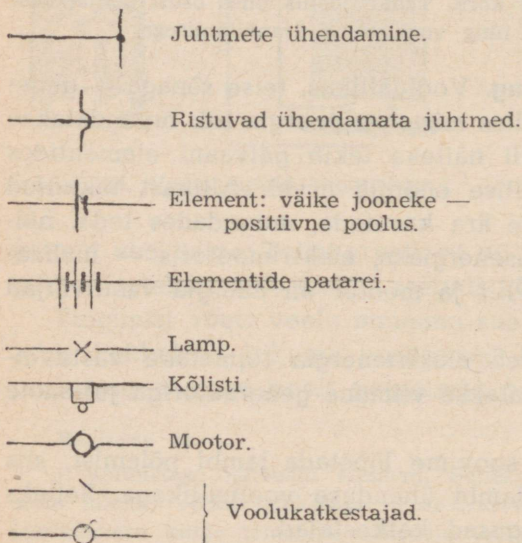
Vaatleme elekterkõlisti vooluringi. Siin on meil: generaator — element, vastuvõtja — kõlisti, juhtmed, mis toovad voolu, ja juhtimisseade — nupp, mis annab võimaluse lülida voolu vooluringi või sealt välja ja järelkult anda elemendilt energiat kõlistile.

Taskulambi patarei vooluringis leiame samuti:

- 1) generaatori — patarei, 2) vastuvõtja — lambikese,
- 3) juhtmed — patarei külge kinnitatud plaadikesed, 4) juhtimisseadme — nupu, mille abil paneme lambi põlema.

Elektritrampi vooluringis on generaatoriks dünamomasin elektrijaamas, vastuvõtjaks — trammi mootor. Energiat antakse siin ülemise juhtme ja looga abil, teiseks juhtmeks on roopad. Juhtimisseade on trammi esiosas. Märgime ära, et trammi vooluringi juhtimisseade annab võimaluse mitte ainult voolu sisse- ja väljalülitamiseks, vaid

ka voolu nõrgendamiseks ja tugevdamiseks.

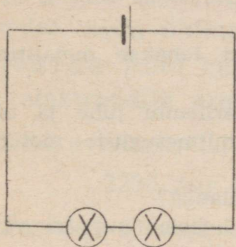


Jooniseid, mis kujutavad mitmesuguste elektriliste seadiste omavahelist ühendamist nimetatakse skeemideks.

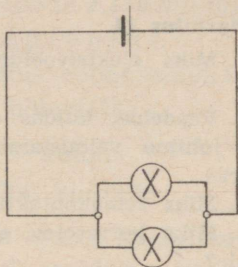
Seadiste skeemide joonestamisel kasutatakse erimärke, mis on kujutatud kõrvalolevas tabelis:

50. Vastuvõtja lülamise viise vooluringisse. Sageli on ühes ja samas vooluringis mitu vastuvõtjat. Olgu ühes vooluringis kaks lampi. Kuidas neid saab ühendada?

Me võime neid vooluringi lülida nii, et üks lamp järgneb vahetult teisele (joon. 65). Sellist lülämist nimetatakse järjestikuseks lülämiseks.



Joon. 65. Kahe lampi järjestikune ühendamine.



Joon. 66. Kahe lampi paralleelne ühendus.

Kuid neid kahte lampi võib lülida vooluringi ka teisiti. Teeme vooluringi mingis punktis hargnemise, mis koosneb kahest harust, ja kumbagi harusse lülime ühe lampi (joon. 66). Seesugust lülämist nimetatakse paralleelseks lülämiseks.

Nagu skeemist nähtub (joon. 65), läheb järjestikuses lülämises mõlemast lambist läbi kogu vool. Kui üks neist välja lülida, siis osutub vooluring katkestatuks ja teine lamp ka ei põle.

Paralleelse lülämise puhul läbib osa voolu ühe lampi ja osa teise lampi. Kui üks lamp välja lülida, siis teine lamp jätkab põlemist, sest vooluring on katkestamata.

Praktikas kasutatakse nii ühte kui ka teist lülämisviisi,

51. Laboratoorne töö nr. 3. Töö eesmärk — koostada elektrivooluring generaatorist, vastuvõtjast, juhtmeist ja juhtimis-seadmeist.

Riistu ja materjale: elekterkõlisti; galvaani element; kolm tükikest isoleeritud traati; võti kahe näpitsaga (klemmiga); kõlisti nupp; nuga juhtmete otsade puhastamiseks; kruvikeeraja.

Tööjuhend. Puhastada vaskjuhtmete otsad isolatsioonist, või kui see on juba tehtud, siis oksüüdi kihist. Ühendada üks kõlisti klemm galvaani elemendi poolusega. Kõlisti teine klemm ja teine poolus ühendada juhtme abil võtme mõlema klemmiga.

Harjutus 14.

1. Miks elektrivooluringide ühendused tehakse metalltraatide abil?
2. Vaadelda, kuidas on ehitatud elektrilambi juhe ja näidata selle juhtme valmistamiseks kasutatud mitmesuguste materjalide otstarve.
3. Miks seinakontaktid tehakse portselanist?
4. Miks korrasolev elekterkõlisti ei helise, kui ei vajutata nupule?
5. Joonestada taskulambi vooluringi ühenduste skeem.
6. Joonestada ühe nupuga elekterkõlisti vooluringi skeem.
7. Joonestada vooluringi skeem kahe nupuga elekterkõlisti jaoks, mille abil saab kõlistada kahest toast.
8. Joonestada vooluringi skeem, mis koosneb elektrilambist ja vooluallikast, näidates selles skeemis noolega voolu suund.

VI peatükk.

ELEKTRIVOO LU SEADUSED.

52. Elektri hulk. Kulon. Lastes voolu läbi vasevitrioli lahuse, vaatleme vase eraldumist süsielektroodile, mis on ühendatud vooluallika negatiivse poolusega. Katse näitab, et algul see süsielektrood kattub vaevalt märgatava vasekihiga, siis vastavalt voolu läbilaskmisele suureneb vasekiht elektroodil ja voolu pikaajasel läbimisel võib saada söel küllaltki paksu vasekihi, millele on kerge külge joota näiteks vaskjuhet, mida praktikas sageli ka tehakse.

Kuulus inglise füüsik Faraday, uurides voolu läbimise nähtust vedelatest juhtidest, tegi kindlaks, et elektroodidel eraldunud aine kaaluline hulk on võrdeline lahuse läbinud elektriulgaga.

Selle alusel määrati kindlaks elektriulga ühik.

Elektriulga ühikuks on võetud elektriulk, mis hõbedasoola lahuse läbimisel eraldab elektroodil 1,118 milligrammi hõbedat. Seda ühikut nimetatakse kuloniks.

Näide: Mitu kulonit elektrit läbis hõbedasoola lahuse, kui elektroodile eraldus 2236 mg hõbedat?

Lahendus: 1,118 mg eraldab 1 kulon,
2236 mg eraldab $\frac{2236}{1,118} = 2000$ kulonit.

Faraday tõestas, et mitmesuguste ainete kaaluline hulk, mis ühe kuloni elektril läbimineku eraldub, on mitmesugune, kuid igale antud ainele jääv suurus.

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

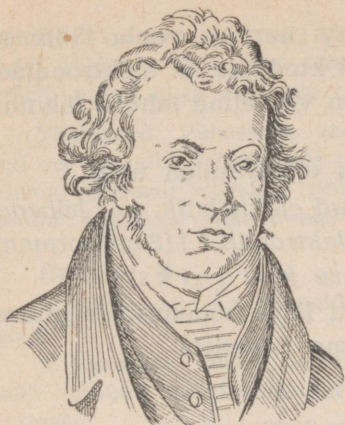
53. Voolutugevus. Katsed näitavad, et mida suurem vooluhulk läbib vooluringi ühe ja sama aja jooksul, seda suurem on voolu toime: suurem hulk metalli eraldub elektroodile selle metalli soolalahusest, tugevamini soojeneb juht, mida läbib vool, tugevnevad voolu magnetilised toimed jne.

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

Järelikult elektrivoolu toime sõltub voolutugevusest vooluringis.

54. Voolutugevuse ühik. Voolutugevuse ühikuks võetakse 1 amper — sellise voolu tugevus, mille puhul 1 sekundis läbib juhi ristlõiget 1 kulon elektrit.

Järelikult, kui vool vooluringis võrdub näiteks 5 ampri, siis tähendab see, et vooluringi ristlõiget läbib igas



Ampère (1775—1836).

sekundis 5 kulonit elektrit, 7 ampri puhul — 7 kulonit jne.

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

Harilik hõõglamp tarvitab umbes 0,3 amprit. Teaduslike uurimuste puhul tuleb mõõta voolusid milliampri tuhandikega — mikroampritega.

Voolutugevuse ühik amper on nimetatud nii elektri alal paljude avastuste poolest kuulsaks saanud prantsuse teadlase Ampère'i auks.

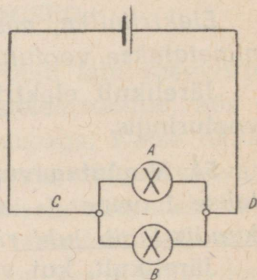
Harjutus 15.

1. Vooluringi lülitatud galvanomeetrit läbib 5-milliamprine vool 2 minuti jooksul. Kui suur elektrihulk läbib galvanomeetrit selle aja jooksul?

2. Voolu läbilaskmisel lämmastikhapu hõbeda lahusest eraldus 4 minuti ja 10 sekundi jooksul 0,559 g hõbedat. Määrake lahuse läbinud voolu tugevus.

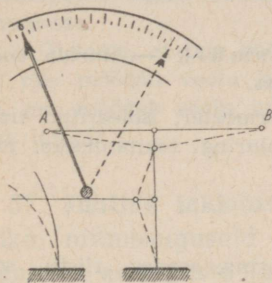
3. Läbi lambi A (joon. 67) voolab 5 minuti jooksul 150 kulonit elektrit, läbi lambi B aga sama aja jooksul 60 kulonit. Määrake voolutugevus nii selles kui ka teises lambis.

Milline on voolutugevus juhtmeis D ja C?

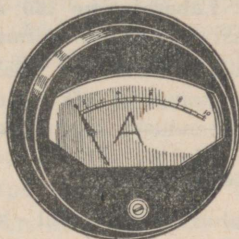


Joon. 67.

55. **Ampermeeter.** Voolutugevuse mõõtmiseks kasutatakse spetsiaalset riista — ampermeetrit. Mõnedes ampermeetrites tõmbub poolisse, mida mööda läheb vool, raudsüdamik (joon. 62). Mida tugevam on vool, seda sügavamale pooli sisse tõmbub raudsüdamik ja seda enam kalduv kõrvale südamikuga ühendatud osuti. Teistes süstee-



Joon. 68.
Soojusampermeeter.



Joon. 69. Ampermeeter.

mides soojendatakse vooluga peenikest traadikest, mis on tõmmatud pingule kahe klemmi A ja B vahele. Soojenemisel traadike pikeneb, mille tagajärjel pöörduv ampermeetri osuti, mis on ühendatud pikeneva traadiga (joon. 68). Tehnikas kasutatakse mitmesuguse ehitusega ampermeetreid. Enamikel juhtudel on ampermeetritel väljastpoolt näha vaid skaala ja osuti (joon. 69). Skaala gradueeritakse amprites ja selle osades.

Kuna ampermeeter peab võtma arvele kogu voolu, mis läbib vooluahelat, siis lülitakse ta vooluringi järjeklikku.

Ampermeetreil on vooluringi lülitamiseks 2 klemmi.

Väga tihti tähistatakse ampermeetri ühte klemmi märgiga (+), teist aga märgiga (—). See tähendab, et sellise ampermeetri õigeks näitamiseks on vaja klemmi märgiga

(+) ühendada tingimata juhtmega, mis tuleb positiivsest vooluallikast.

Ebaõigel sisselülimisel ampermeeter kas ei näita voolu üldse või näitab valesti.

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

56. Laboratoorne töö nr. 4. Töö eesmärk — uurida voolutugevust vooluringi mitmesugustes osades.

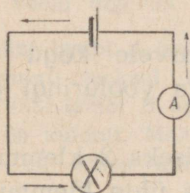
Töövahendid: vooluallikas; ampermeeter; isoleeritud traadi poolide komplekt või muid seadiseid vooluringi tekitamiseks; juhtmeid ühenduste tegemiseks.

Tööjuhend.

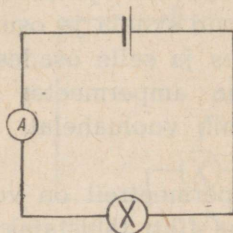
Antud riistade abil koostage vooluring, seades riistu soovi kohaselt järjekorda, hoolitsedes vaid selle eest, et riistad oleksid ühendatud järjestikku. Selline vooluring on kujutatud joonisel 70.

Lülides ampermeetri vooluringisse mitmes kohas (mitmesuguste riistade vahele), määrake kindlaks voolutugevus neis kohtades ja tähendage üles ampermeetri näidud.

Järjestikku ühendatud juhtide mitmesse kohta lülitatud ampermeeter näitab üht ja sama voolutugevust, millest me saame järeldada: *järjestikku ühendatud vooluringi igas osas on voolutugevus ühesugune.*



Joon. 70. Ampermeetri lülimine vooluringi.



Joon. 71.

Harjutus 16.

1. Ampermeeter on lülitud vooluringi kord nii, nagu näidatud joonisel 70. Ta näitab 0,1 amprit. Teine kord lülitakse ta samasse vooluringi nii, nagu näidatud joonisel 71. Kui palju näitab ampermeeter teisel juhul?

2. Joonistage vooluringi skeem, mis koosneb vooluallikast, 2-st paralleelselt ühendatud lambist ja ampermeetritest, mis mõõdavad voolutugevust igas lambis ja juhtmes, mida mööda vool läheb lampidesse.

3. Oletame, et teie poolt koostatud skeemis (2) üks ampermeeter, mis mõõdab voolu lampides, näitas 0,1 amprit, ampermeeter aga, mis mõõdab voolu juhtmes, — 0,15 amprit. Milline vool läbib teist lampi?

57. Juhtide takistus. Lülides vooluringi mingi vooluallika, mitmesuguseid juhte ja ampermeetri, võib tähele panna, et erisuguste juhtide puhul on ampermeetri näidud erinevad, s. o. mitmesuguste juhtide puhul on antud vooluringis voolutugevus erinev.

Kui näiteks lülida meie vooluringi raudtraadi asemel samasuguse pikkuse ja ristlõikega nikeliintraat, siis väheneb voolutugevus vooluringis, kui aga lülida vasktraat, siis suureneb ta tunduvalt. Voolutugevus juhis sõltub järelikult juhi enda omadustest.

Seda juhi omadust mõjutada vooluringi voolutugevust nimetatakse juhi takistuseks.

58. Takistuse ühik. Takistuse ühikuks võetakse takistus, mida evib elavhõbedasammal pikkusega 106,3 cm ja ristlõikega 1 mm^2 0° C puhul.

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

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

Uhe miljoni oomilist takistust nimetatakse megoomiks ja tähistatakse märgiga $M\Omega$.

59. Juhi takistuse sõltuvus juhi mõõteist ning ainst.
Erisugused juhid omavad erisugust takistust.

Lülime vooluringi 1 m nikeliintraati läbimõõduga 0,5 mm ja paneme tähele voolutugevust. Asendame sisselülitatud traaditüki pooliga, millele on mähitud 5 m täpselt samasugust traati, — vool väheneb peaaegu 5 korda. Lüüdnud sisse 10-meetrise pooli täpselt samasuguse traadiga, saame peaaegu 10-kordse voolutugevuse vähenemise võrreldes esimese katsega. Järelikult traadi takistus suureneb traadi pikkuse suurenemisega.

Asendanud katseks võetud nikeliintraadi samasuguse, kuid 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 erinevad.

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

Uurides mitmesuguste juhtide takistusi, tehti kindlaks, et *juhi takistus on võrdeline juhi pikkusega ja pöördvõrdeline tema ristlõike pindalaga.*

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

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

kus koefitsient ρ , mis kuulub valemisse, nimetatakse eritakistuseks ja ta näitab antud ainst samba takistust oomides, kui samba pikkus on 1 m ja ristlõige 1 mm².

Eritakistuste tabel oomides

1 m pikkuse ja 1 mm² ristlõike kohta.

Hõbe	0,0160	Nikeliin (sulam)	0,450
Vask	0,0170	Kroomnikkel (sulam)	0,130
Alumiinium	0,032	Süsi hõõglambis	40
Raud	1,120		

Vaadeldes seda tabelit näeme, et väike eritakistus on hõbedal, väga lähedal sellele seisab vask; metallide sulameil on suurem eritakistus; eriti suur on söe eritakistus.

Harjutus 17.

1. On kaks ühesugusest materjalist ja ühesuguse ristlõikega traati. Esimese pikkus on 20 cm, teise pikkus on 1,5 m. Kumma traadi takistus on suurem ja mitu korda? Mispärast?

2. On kaks ühesuguse pikkusega ja ühesugusest materjalist traati. Ühe traadi ristlõige on 0,2 cm², teisel aga 4 mm². Kumma traadi takistus on suurem ja mitu korda? Mispärast?

3. On kaks ühesugusest materjalist traati. Ühe traadi pikkus on 5 m, teisel aga 0,5 m; esimese traadi ristlõige on 0,15 cm², teisel — 3 mm². Kumma traadi takistus on suurem ja mitu korda?

4. On kaks ühesuguse pikkusega alumiiniumtraati, kuid erineva ristlõikega. Esimese ristlõige on 0,1 cm², teisel aga 2 mm². Esimese takistus on 2 oomi. Määrake teise traadi takistus. (Ülesanne tuleb lahendada kasutamata valemit.)

5. Nikeliini eritakistus on 0,45. Seletage, mida see tähendab.

6. Arvutage peast, muidugi valemit kasutamata, kui suur takistus on 20 m pikkusel ja 1 mm² ristlõikega alumiiniumjuhtmel.

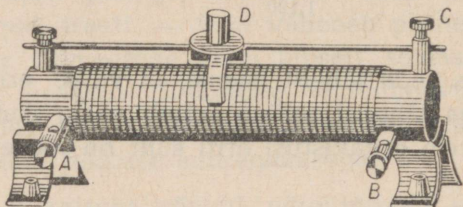
7. Arvutage peast nikeliintraadi takistus, mille pikkus on 1 m ja ristlõige 0,1 mm².

8. Missuguse ristlõikega alumiiniumtraat tuleb võtta, et ta takistus oleks samasugune kui vasktraadil ristlõikega 2 mm², kui mõlema traadi pikkus on ühesugune?

9. Arvutage valemi järgi kilomeetripikkuse vasest trammitraadi takistus, kui ta ristlõige on 0,65 cm².

60. Reostaadid. Riistu, mille abil saab takistuse muutmisega reguleerida voolutugevust vooluringis, nimetatakse reostaatideks.

Uks reostaadi liike on kujutatud joonisel 72. Suure eritakistusega traat on keritud silindrile, mis on tehtud

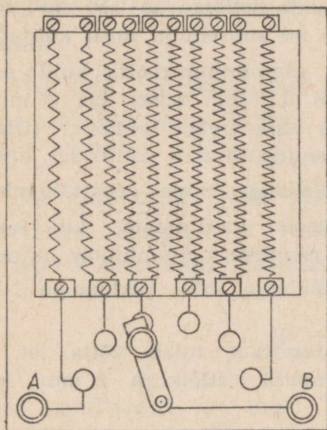


Joon. 72. Liikuva kontaktiga reostaat.

isolaatorist, ning traadi otstele on kinnitatud klemmid A ja B (joon. 72). Silindri kohal ülal on metalsele varvale kinnitatud liikuv kontakt D, mis puutub tihedalt traatmähist.

Reostaat lülitakse vooluringi ühe traadiotsale kinnitatud klemmi — A või B — ja metasel varval oleva klemmi C abil. Nihutades kontakti D siia- või sinna- poole, suurendatakse või vähendatakse sisselülitud traadi pikkust.

Teine liik — vantroostaat, mis koosneb reast raudtraatspiraalidest, on kujutatud skemaatiliselt joon. 73. Isolaatorist valmistatud raami küljes on all rida metalseid kontakte. Umber telje pöörlev metalne käepide



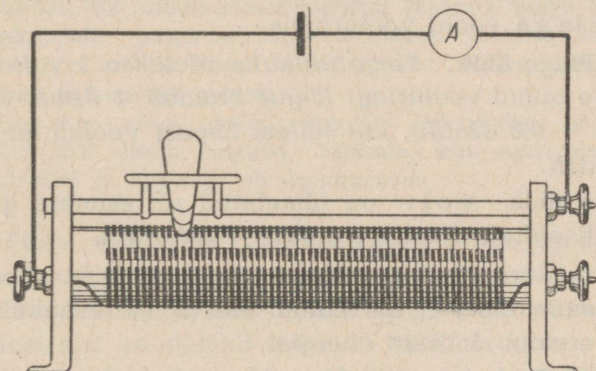
Joon. 73. Vantroostaat.

surub tihedasti vastu ühte või teist kontakti. Esimese kontakti külge, mis on ühendatud klemmiga *A*, on kinnitatud traadi algus, mis siksakiliselt haarates üksteisest isoleeritud ülemisi liiste ja järjestikku alumisi kontakte, lõpeb viimase kontakti juures. Vooluga on ühenduses esimene kontakt ja käepideme telg. Käepideme asendi puhul, mis on näidatud joonisel 73, läheb vool, minnes sisse esimesest kontaktist, läbi nelja traatspiraali ning käepideme ja väljub klemmi *B* kaudu.

Harjutus 18.

1. Oletame, et iga joonisel 73 kujutatud spiraali takistus on 2 oomi. Mitu oomi on viidud vooluringisse käepideme selles asendis, mis on näidatud joonisel? Kuhu on vaja nihutada käepide, et viia vooluringi 16 oomi?

2. Vooluringi (joon. 74) on lülitud liikuva kontaktiga reostaat. Näidake nooltega, kuidas liigub vool reostaadis. Kuhu tuleb nihutada kontakt, et vähendada voolu vooluringis?



Joon. 74.

3. Koostage vooluring elektrilambist, patareist ja reostaadist, ühendades need järjestikku. Kuidas avaldub takistuse muutmine sisselülitatud reostaadi osas lambivalgustuse heledusele?

61. Pinge. Vaatleme vooluringi, mis koosneb järjestikku ühendatud vooluallikast, juhtmetest ja elektrilambist. Voolutugevus on selle vooluringi kõigis osades ühesugune ja järelikult on elektrihulk, mis voolab ühel ja samal ajal juhtmeid ja lambiniidikest mööda, ühesugune. Kuid energia hulk, mis eraldub selle vooluringi üksikutes osades, on erinev. Ja selles pole raske veenduda. Puudutame käega juhtmeid, mis toovad voolu lambisse — nad on külmad, samal ajal kui lambi niidike on hõõgav. Selle kohta öeldakse, et vooluringi neis osades, kus eraldub rohkem energiat ühe ja sama vooluhulga läbiminekul, on ka suurem pinge. *Pinge vooluringi antud osas näitab, milline energiahulk eraldub selles lõigus ühe elektrihulga ühiku läbiminekul temast.*

Pinget tekitab vooluallikas. Lahutatud vooluringis on pinge vooluallika poolustes või klemmides. Kui aga vooluallikas on lülitatud vooluringi, siis ilmub pinge ka üksikutes lõikudes ja see tingibki vooluringis voolu. Ei ole pinget, ei ole ka voolu vooluringis.

62. Pinge ühik. *Pinge ühikuks võetakse 1 volt — pinge, mille puhul vooluringi lõigus eraldub 1 džaul energiat (1 kGm = 9,8 džauli), kui sellest lõigust voolab läbi 1 kulon elektrit.*

Pinge ühik volt on nimetatud nii esimese galvaani elemendi ehitaja itaalia teadlase Volta auks.

Kui vooluringi mingis lõigus pinge on võrdne 1 voldiga, siis tähendab see, et iga kuloni elektri läbiminekul sellest lõigust eraldub 1 džaul energiat.

Järelikult, kui seatina-akumulaatori pooluste pinge on võrdne 2 voldiga, siis tähendab see, et kui välisvooluringi mööda läheb ühest poolusest teise 1 kulon elektrit, siis eraldub selles 2 džauli energiat.

Toome näiteid mõningaist pingeist.

Pinge volta elemendi poolustes on ligikaudu 1 volt.

Pinge taskulambi patarei poolustes — 4,5 volti.

Pinge linna valgustusvõrgus on mitmesugune: ühtedes linnades on ta 110 volti, teistes 220 volti.

Oletame, et kõrgepingeliini ühe juhtme ja maa vahel on pinge 90 000 volti. Kui see juhe ühendada maaga mingi juhi abil, siis iga kuloni elektri läbiminekul sellest juhust eraldub 90 000 džauli energiat. Teiste sõnadega, tehakse ligikaudu 9000 kGm-ne töö.

Sellise töö teeb näiteks 1-tonnine koormus langedes 9 m kõrguselt.

Mõistagi, kui kellelegi meist langeb 1-tonnine koormus 9 m kõrguselt, on surm möödapääsmatu.

Seepärast on ka kõrgepingevool kardetav ja töötamisel kõrgepingevooluga on nõutav erakordne ettevaatus.

Harjutus 19.

1. Valgustusvõrku lülitatud lambi läbis 5 kulonit elektrit, kusjuures kulutati 600 džauli elektrienergiat. Määrata pinge lambis.

2. Taskulambi pirnikese läbis 5 kulonit elektrit, kusjuures patarei tarvitas ära 20 džauli elektrienergiat. Määrata, kui suure pinge annab taskulambi patarei.

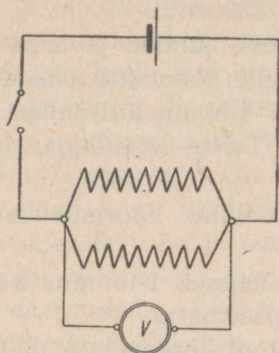
3. 120-voldise pinge puhul kulutas elektrilamp 30 sekundi jooksul ära 1800 džauli energiat. Määrata, kui suur elektrihulk läbis lambiniidi ja kui suur oli voolutugevus.

63. Pinge mõõtmine voltmeetriga. Pinge mõõtmiseks kasutatakse riistu, mida nimetatakse **voltmeetriteks**. Väliselt on nad ampermeetri sarnased. Nende eristamiseks ampermeetrist on skaalal märk *V* või sõna *volt*.

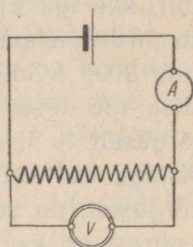
Vooluringi kahe punkti vahelise pinge mõõtmiseks lülitakse voltmeeter mõõdetavasse ossa nii, nagu see on näidatud joonisel 75. Sellist sisselülimist nimetatakse **paralleelseks lülimiseks**.

Joonisel 76 on näidatud elektrivooluring, millesse on

lülitud ampermeeter vooluringi voolutugevuse mõõtmiseks ja voltmeeter, millega mõõdetakse pinget punktide K ja L vahel.



Joon. 75. Voltmeetri lülimise skeem vooluringi.



Joon. 76.

Harjutus 20.

1. Joonistage vooluringi skeem, mis koosneb vooluallikast, elektrilambist, ampermeetrist ja voltmeetrist, mis mõõdab pinget lambi klemmides.

2. Oletame, et ampermeeter teie skeemi järgi koostatud vooluringis näitab 0,2 amprit, voltmeeter aga 4 volti. Kui palju energiat kulutab lamp igas sekundis?

64. Voolu töö ja võimsus. Tutvudes elektrivoolu mitmesuguste nähtustega nägime, et elektrivool võib teha tööd. Elektrimootorite abil paneb vool käima mitmesuguseid tööpinke, elektrironge, tuulamismasinaid, rehepeksumasinaid. Elektrivoolu energia arvel toimub seejuures mehaaniline töö. Kui juht, mida läbib elektrivool, soojeneb, siis muundub sel juhul voolu energia soojuseks. Voolu mitmesugustes avaldustes paneme tähele elektrienergia muundumist energia muudeks liikideks.

Me nägime, et pinge näitab, kuipalju elektrienergiat

kulutatakse ära iga kulonilise elektri hulga läbiminekul mingist juhust.

Kui meil on teada, mitu kulonit elektrit läbis antud lõigu ja pinge selles, siis korrutades elektri hulga pingega, saame me antud lõigus kulutatud elektrienergia või, mis on sama, voolu poolt tehtud töö antud lõigus.

Q kuloni ümberasetamisel lõigus pingega U volti tehakse töö:

$$A = QU \text{ džauli.}$$

1-amprise voolu puhul läheb t sekundi jooksul läbi juhi ristlõike $It = Q$ kulonit elektrit. Järelikult on 1-amprise voolu töö U -voldise pingega t sekundi jooksul

$$A = IUt \text{ džauli.}$$

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

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

1-džaulilist võimsust sekundis nimetatakse vatiks.

Elektri alalisvoolu võimsus 1-amprise tugevuse ja 1-voldise pinge puhul ongi 1 v a t t.

Vati rahvusvaheline lühend — W, vene oma — BT.

1 vatt = 1 amper \times 1 v o l t.

1000 vatti = 1 kilovatt (kW),

100 vatti = 1 hektovatt (hW).

Hobujõud on 736 vatti.

Harjutus 21.

1. Kasutades mõisteid *pinge* ja *voolutugevus*, seletage, mispärast avaldatakse voolu võimsus korrutisena IU ?

2. Millise võimsuse kulutab ära lamp, mis tarvitab 0,5 amprit, kui lambi klemmide pinge on 110 volti?

3. 110-voldise pingega vooluvõrku lülitud mootor tarvitab 7,35 amprist voolu. Määrake mootori võimsus.

4. Lamp nõuab 100-vatist võimsust. Milline vool läbib lampi, kui see lülida 110-voldise pingega vooluvõrku?

65. Elektrivoolu tööühikud. Töö, mida elektrivool teeb ühe sekundi jooksul 1-vatise vooluvõimsuse puhul, moodustab vattsekundi. 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) moodustab 100 vatti $\times 3600$ sek. = 360 000 vatt-sekundit (džauli).

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

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

Harjutus 22.

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

2. Kui palju energiat kulutab 5 tunni jooksul elektriahi, mis 120-voldise pingel puhul tarvitab 10-amprise tugevusega voolu?

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

4. Mootor, mis paneb käima treipingi, omab võimsust 2,5 HJ. Määrata mootorit läbiva voolu tugevus töötamise ajal, kui pingel mootori klemmides on 220 volti.

5. Kui palju tuleb maksta elektrihaamale 50-vatise lambi põlemise eest kuus, kui lamp põleb keskmiselt 5 tundi päevas? Energia hind on 40 kop. kilovatt-tund.

66. Voolu poolt eraldatav soojushulk juhis. Me teame juba, kuidas arvestada elektrienergiat, mis tarvitatakse ära voolu läbimineku juhul. Et saada teada, kui palju eraldub sel juhul soojust juhul, on küllalt, kui määrata, mitu kalorit soojust saadakse äratarvitatud elektrienergia iga džauli arvel.

Kui lasta voolu läbi traatspiraali A , mis on asetatud kalorimeetrise valatud vette (joon. 77), siis soojeneb traat ise ja soojendab vett. Arvanud kokku, mitu kalorit soojust sai vesi, ning ampermeetri, voltmeeetri ja kella näitude järgi — kui palju tarvitati ära elektrienergiat, võime määrata, mitmele kalorile vastab üks džaul.

Hoolikad ning arvukad selletaolised katsed näitasid, et džaul = 0,24 cal.

Järelikult, kui juhti läbiva voolu tugevus on I amprit, pinge U volti, siis on juhise äratarvitatud elektrienergia t sekundi jooksul $A = IUt$ džauli. Selle energia arvel eraldub juhise soojust:

$$Q = 0,24 IUt \text{ cal.}$$

Harjutus 23.

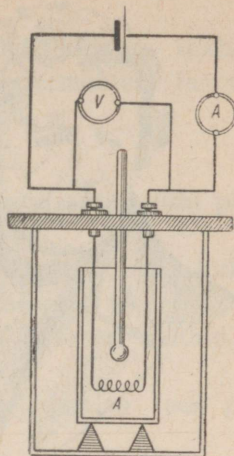
1. Kui suur soojushulk eraldub elektrilambi niidis ühe tunni jooksul, kui lamp tarvitab 110-voldise pingega 1-amprist voolu?

2. Kui palju soojust eraldub elektersoojendajas kahe minuti jooksul, kui soojendaja takistus on 20 oomi ja temast läbimineva voolu pinge on 120 volti?

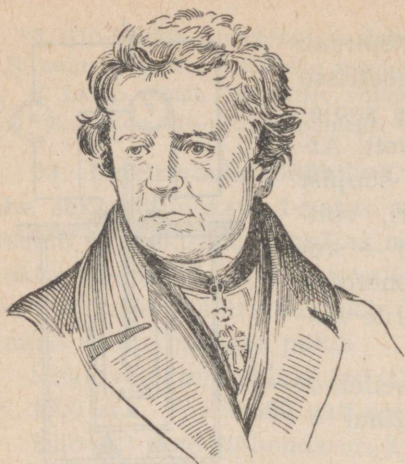
3. Kui pika ajaga võib 1 l vett soojendada 20° -st kuni keemiseni, kui vette lasta 10-oomise takistusega juhe, mille otste pinge on 110 volti?

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

67. Ohmi seadus. Kui vooluringi, mis koosneb lambist ja ampermeetrist, lülida üks suur galvaani element, siis



Joon. 77



G. Ohm (1787—1854).

võib märgata, et vooluringis on väga nõrk vool ja lambi niit ei hakka hõõguma. Niipea kui elemendi asendame värske taskulambipatareiga, suureneb vool vooluringis ja lambi niit hõõgub heledasti. Mõõtnud pinget vooluringi otstes elemendi ja taskulambipatarei sisselülilimisel, näeme, et patarei sisselülilimisel on pingemärksa suurem.

Tähendab, voolu tugevus juhis suureneb pingesuurenemisega juhi otstes.

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

Uurinud voolutugevuse sõltuvust takistusest ja pingest, tegi Ohm 1827. a. kindlaks, et voolutugevus juhis on võrdeline pingega juhi otstes ja pöördvõrdeline juhi takistusega.

See sõltuvus voolutugevuse, pinges ja takistuse vahel kannab Ohmi seaduse nimetust.

Ohmi seadus on üks elektrivoolu põhilisi seadusi.

Kui tähistada voolutugevust tähega I , pinget tähega U ja takistust tähega R , siis võib Ohmi seadust üles tähendada järgmise valemiga:

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

Me juba nägime, et teades juhi pikkust, ristlõiget ja materjali, võime me arvutada ta takistuse.

Ohmi seadus annab meile võimaluse määrata takistust voluringis, kui meil on kasutada ampermeeter ja voltmeeter. Ohmi seaduse valemist järgneb, et

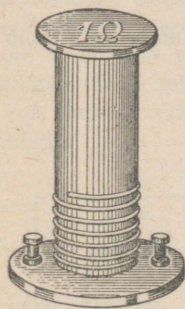
$$R = \frac{U}{I},$$

s. o. et juhi takistus on arvuliselt võrdne antud juhi pingega ja juhti läbiva voolutugevuse jagatisega.

Järelikult, et määrata mingi juhi takistust, on küllalt, kui koostada voluring joonisel 76 näidatud skeemi järgi, ning kui on loetud ampermeetri ja voltmeetri näidud, jagada voltide arv amprite arvuga.

Veendume katse põhjal, et sellise jagamise teel peab saama takistuse oomides.

Võtame oomi etalooni — puust silindri, millele on mähitud erisulamist traat takistusega 1 oom (joon. 78), lülime selle voluringi. Peale selle lülime samasse voluringi oomi etalooniga järjestikku reostaadi: see annab meile võimaluse reguleerida pinget etalooni klemmides, mida mõõdetakse voltmeetriga.



Joon. 78.
Oomi etaloon.

Sellise katse tulemused näitavad, et voltide arvu jagamisel amprite arvuga saadakse üks oom. Kui 1-oomise etalooni asemel lülime voluringi 2, 3, 4 jne. oomise etalooni, siis voltide arvu jagamise tulemus amprite arvuga on vastavalt võrdne 2, 3, 4-ga jne.

Nüüd võime takistuse ühikule — oomile — anda teise definitsiooni:

1-oomine takistus on sellise juhi takistus, milles 1-voldine pinge tekitab 1-amprise voolu.

Näiteid:

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

Lahendus. Lahendame selle ülesande, kasutades 1-oomise takistuse definitsiooni.

Arutleme nii:

1-voldine pinge tekitab juhis 1-amprise voolu, kui juhi takistus on 1 oom.

Et 240-oomise takistusega juhis saada 1-amprist voolu, on vaja 240-voldist pinget, kuid meil on ainult 120 volti, s. o. kaks korda vähem. Vastavalt Ohmi seadusele peab siis ka vool olema 1 amprist kaks korda väiksem, s. o. 0,5 A.

Ohmi seaduse valemi järgi

$$I = \frac{120}{240} = 0,5.$$

$I = 0,5$ amprit.

2. Elektersoojendaja traadi takistus on 22 oomi. Seda läbib vool — 5 amprit. Määrata pinge klemmides.

Lahendus:

$$U = 22 \times 5 = 110.$$

$U = 110$ volti.

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

Lahendus:

$$R = \frac{2}{0,5} = 4.$$

$R = 4$ oomi.

Harjutus 24.

1. Lahendage näited 2 ja 3, arutelles nagu esimese näite lahendamisel.

2. Vooluringi lülitud ampermeeter näitab voolutugevust 1,8 amprit. Kas ampermeeter näitab õigesti, kui kontrollitud voltmeeter näitab 1,4-oomise takistuse otstes pinget 2,5 volti?

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

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

5. Milline on hõõglambi niidi takistus, kui niidist läheb läbi vool tugevusega 0,12 amprit ja niidi otste pinge on 120 volti?

6. Määrata pinge juhtme otstes, kui juhtme takistus on 20 oomi, ja juhett läbib vool tugevusega 0,2 amprit.

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

8. 100 sentimeetri pikkusele ja 1 mm^2 ristlõikega elavhõbedasambale anti 1-voldine pinge. Määrake voolutugevus. Püüdke vastata, miks takistuse ühikuks on võetud elavhõbedasamba pikkus mitte 100 cm vaid 106,3 cm.

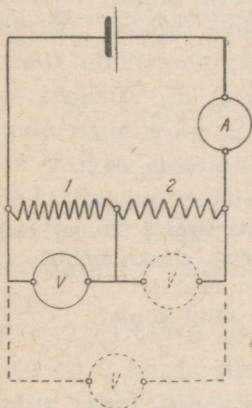
68. Laboratoorne töö nr. 5. Töö eesmärk: takistuse mõõtmine vooluringi lõigus.

Riistu ja materjale: vooluallikas; juhtmed ühenduste tegemiseks; kaks mõõdetavat takistust; voltmeeter ja ampermeeter.

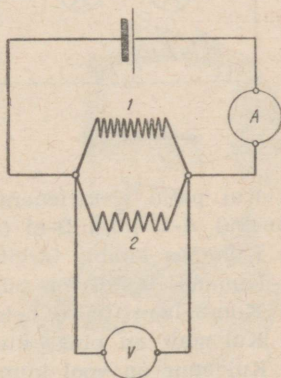
Tööjuhend.

1. Ühendanud järjestikku (joon. 79-a) vooluallika, mõlemad mõõdetavad takistused 1 ja 2 ja ampermeetri, ühendage voltmeeter paralleelselt ühe takistuse klemmidega. Sisse lüüritud voolu, määrake vooluringi voolutugevus I ja pinge U takistuse otstes. Saadud andmete järgi määrake otsitava takistuse suurus.

2. Samal viisil määrake teise takistuse suurus ja üldine takistus.



Joon. 79-a.



Joon. 79-b.

3. Ühendage mõõdetavad takistused paralleelselt ja lülige need vooluringi skeemi järgi, mis on kujutatud joonisel 79-b. Määrake voolutugevus vooluringis ja pinge paralleelselt ühendatud takistuste klemmides ning arvutage nende üldine takistus.

Harjutus 25.

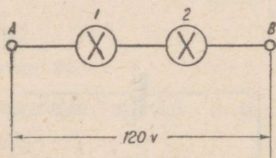
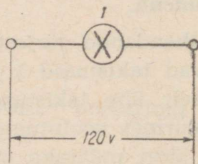
1. Kas kahe järjestikku ühendatud juhtme ühine takistus on suurem või väiksem takistuste summast?

2. Kas kahe paralleelselt ühendatud juhtme ühine takistus on väiksem või suurem takistuste summast?

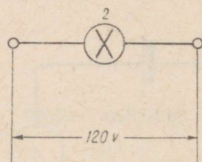
3. Mis on suurem, kas ühe juhtme takistus, või kahe paralleelselt ühendatud juhtme ühine takistus?

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

5. Kaks hõõglampi on lülitatud võrku pingega 120 volti nii, nagu näidatud joonisel 80. Esimese lambi takistus on 480 oomi, teisel 120 oomi.



Joon. 80.



Joon. 81.

a) Kui palju elektrienergiat tarvitatakse ära 1 kuloni elektri läbimiseks A-st kuni B-ni (s. o. läbi mõlema elektrilambi)?

b) Kumbas lambis tarvitatakse rohkem energiat?

c) Kumbas lambis on pinge suurem ja mitu korda?

d) Kumb lamp põleb heledamini?

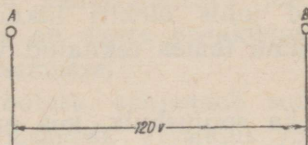
e) Kui suur on pinge kummaski lambis?

f) Kui suur on vool kummaski lambis?

g) Kui suur on kogu lõigu takistus?

6. Samad kaks lampi, mis olid ülesandes 5, kuid kummassegi neist juhitakse 120-voldine pinge (joon. 81).

- Milliega võrduv vool nii ühes kui teises lambis?
- Milline põleb heledamalt?



Joon. 82.

7. Kahe punkti A ja B vahel (joon. 82) hoitakse 120-voldine pinge.

- Kuidas nende kahe punkti vahele lülida mõlemad eelmised lambid, et nad põleksid samuti kui kumbki üksikult?
- Milline on voolutugevus voolu juurde toovas juhtmes?
- Kui suur on sel juhul kogu lõigu takistus?

69. Joule'i-Lenzi seadus. Olgu meil 1-oomise takistusega juht. Et selles tekitada 1-amprist voolu, on vajalik 1-voldine pinge. Järelikult kulutatakse sellises juhis 1-amprise voolu läbiminekul 1 džaul elektrienergiat 1 sekundi jooksul. Et samas juhis tekitada näiteks 3-amprist voolu, on vajalik 3-voldine pinge.

Elektrilaengute läbiminekul juhist on 1 sekundi jooksul äratarvitatud elektrienergia võrdne

$$IUt = 3 \times 3 \times 1 = 9 \text{ (džauli).}$$

See on 9 korda suurem kui esimesel juhul. Täheleb, kolm korda suurema voolu tekitami-



E. H. Lenz (1804—1865).

seks antud juhis on vaja kulutada 9 korda rohkem energiat.

Arutelles samuti, leiame, et 5 korda suurema voolu tekitamiseks on vaja 25 korda rohkem energiat jne.

Üldiselt, antud juhis elektri liikumisel äratarvitatud energia on võrdeline temas tekitatud voolutugevuse ruuduga.

Seepärast on ka soojushulk, mis eraldub juhis voolu läbiminekul, võrdeline voolutugevuse ruuduga.

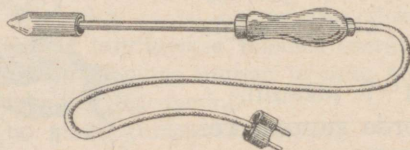
Et juhti mööda, mille takistus on 4 oomi, läheks 1-amp-rine vool, on vaja 4-voldist pinget.

Järelikult tarvitatakse 1 sekundi jooksul ära: $1 \text{ amper} \times \times 4 \text{ volti} \times 1 \text{ sekund} = 4 \text{ džauli elektrienergiat}$. Seepärast on ka eraldunud soojushulk 4 korda suurem kui esimesel juhul (kui takistus oli 1 oom).

Uhe ja sama voolu tekitamiseks erinevate takistustega juhtides on vaja kulutada energiat (järelikult eraldub ka soojust) hulgal, mis on võrdeline juhi takistusega.

Järelikult, soojushulk, mis eraldub juhis voolu läbiminekul, on võrdeline voolutugevuse ruuduga, juhi takistusega ja ajaga.

Nimetatud sõltuvus tehti katseliselt kindlaks Joule'i ja vene füüsiku Lenzi poolt ning kannab Joule'i-Lenzi seaduse nimetust.



Joon. 83. Elektrijootekolb.

70. Soojendusriistad. Juhtme soojenemist voolu abil kasutatakse mitmesugusteks otstarveteks.

On olemas terve rida soojendusriistu, mis töötavad juhi soojenemise tõttu voolu abil, nagu veesoojenduskannud, elektripliidid toidu valmistamiseks jne. Selliste riistade olulisemaks osaks on suure eritakistusega traat, mis on asetatud riista sisemusse.

Soojenedes voolust, soojendab see traat kas riista ennast või tema sisaldist. Võimalus voolutugevuse muutmise abil täpselt reguleerida riistadesse tulevat soojushulka lubab valmistada isegi inkubaatoreid lindude väljaheidumiseks. Joonisel 83 on kujutatud elektrihootekolb, mida soojendatakse vooluga; vool läbib kolvis olevat traatpooli.

Mäetööstuses ja sõjaasjanduses kasutatakse voolu soojuslikku toimet miinide lõhkemapanemiseks.

Miinide lõhkemapanemist elektrivoolu abil teostas esmakordselt Neeva jões 1812. aastal vene füüsik Schilling. Schillingi tööd elektrivoolu kasutamiseks sõjaasjanduses jätkas edukalt ja arendas edasi teine vene füüsik — B. S. Jacobi. Jacobi leiutatud galvaanilisi miine kasutati 1853.—1856. a. edukalt Kroonlinna kaitseks Inglis-Prantsuse laevastiku kallaletungi vastu.

Miini sütik koosneb kahest paljast traadist, mis on ühendatud peenikese traadikesega. Soojenedes voolust, süütab peenike traadike süütelangu. Selline miinide lõhkemapanemise viis annab võimaluse teostada lõhkamist vajalikul momendil ja seejuures, kui tarvis, üheaegselt mitut lõhkamist paljudes kohtades korraga.

Harjutus 26.

1. Miks elektriühju või -triikraua mähised, vaatamata soojuse katkestamatule eraldumisele, ei põle läbi?



B. S. Jacobi (1801—1874)

2. Soojendusriist, mis koosneb nikeliinspiraalist, on pandud veega täidetud anumasse. Millise maksimaalse temperatuurini võib soojendada spiraal? Miks?

3. Miks traatide ühendamisel nende otsad mitte ainult keerutatakse vaid sageli ka joodetakse kokku?

4. Kaks traati — nikeliin- ja alumiiniumtraat — ühesuguse ristlõike ja pikkusega on järjestikku lülitud ühte ja samasse vooluringi. Milline neist soojeneb tugevamini? Mispärast?

5. Kaks traati — nikeliintraat pikkusega 1 m ja ristlõikega 2 mm² ja raudtraat pikkusega 2 m ja ristlõikega 0,5 mm² — on lülitud järjestikku ühte ja samasse vooluringi. Millises traadis eraldub rohkem soojust?

6. Kuidas seletada, et voolu läbiminekul juhtmeist ja elektrilambi niidist viimane kuumeneb hõõgumiseni, kuna juhtmed peaaegu ei soojene, kuigi voolutugevus juhtmeis ja lambi niidis on ühesugune?

7. Kui soojendusriist veest välja võtta, ilma et ta oleks varem vooluringist välja lülitatud, siis põleb ta kiiresti läbi. Miks?

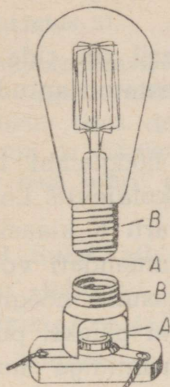
71. Hõõglamp. Voolust hõõguma pandud juhtide helenemine on ära kasutatud elektrihõõglampides.

Õhutühi 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 helendust.

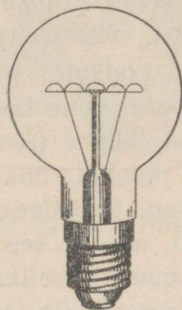
Lambi pikk niit (joon. 84) on riputatud üksteisest isoleeritud metallkonksukestega varustatud spetsiaalsesse varnakesse. Vetruvad traadikesed, pingutades niiti, ei lase

teda hõõgumise ajal, millal niidi pikkus on suurenenud, konksudelt vabaneda.

Õhus põleks hõõgniit läbi momentaanselt. Et seda ei juhtuks, asetatakse niit erilisse klaasanumasse (tavaliselt pirnikujuline), millest õhk hoolikalt välja pumbatakse.



Joon. 84.



Joon. 85.

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

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

Lambi lüümiseks võrku kruvitakse ta spetsiaalsesse pesse. Pessa sisemine osa (joon. 84) koosneb portselankehast, millele on kinnitatud kaks metallosa: metallist sambake A, mis puudutab lambi sokli metallosa, kui see on keeratud pesse, ja keere B, mis sobib lambi keermega. Mõlemad osad omavad klemmi, mille külge kinnitatakse võrgu juhtmed.

Teist liiki lambid, mida kasutatakse käesoleval ajal, on gaastäidisega lambid (joon. 85). Neis lampides on volf-

ramniit, mis soojuse kiirgamise vähendamise otstarbel on keeratud väikeseks spiraaliks, asetatud klaasanumasse, mis on täidetud põlemist mittesoodustava gaasiga — lämmastikuga või argooniga. Gaasi olemasolu anumast takistab hõõgniidi pihustumist ja võimaldab hõõgniidi temperatuuri tõsta kuni 2900°-ni

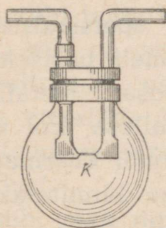
Iga lambi sokli metallosal või klaasil on rida arve, mis näitavad, millise pinge jaoks on arvestatud antud lamp ja millist võimsust ta seejuures tarvitab.

72. Lodõgini hõõglamp. Esimese hõõglambi leiutas 1873. aastal vene teadlane Aleksandr Nikolajevitš Lodõgin. Lodõgini lambis (joon. 86) asetseb süsivarb *K* klaaskolvis, millest pumbati õhk välja. Süsivarb kuumendati vooluga.

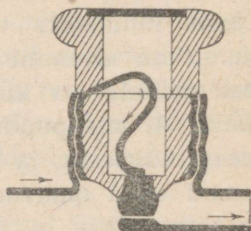
Edison, täiendades Lodõgini lampi, kasutas hõõgniidina süsiniiti, aga et see niit hõõgudes läbi ei põleks, pumbati õhk anumast hoolikalt välja. Edisoni süsiniidiga lamp oli vastupidav, kuid tarvitas palju voolu, andes võrdlemisi vähe valgust.

1890. aastal valmistas Lodõgin hõõglambi raskesti sulavaist metallidest — volframist, molübdeenist, osmiumist tehtud niidiga, mille peale ta sai patendi.

Nüüdsel ajal tehakse hõõgniit peaaegu eranditult volframist.



Joon. 86.
Lodõgini lamp.



Joon. 87. Sulavkaitse.

Seega siis on elektrihõõglamp vene teadlase poolt leiutatud ja tema poolt ka täiendatud.

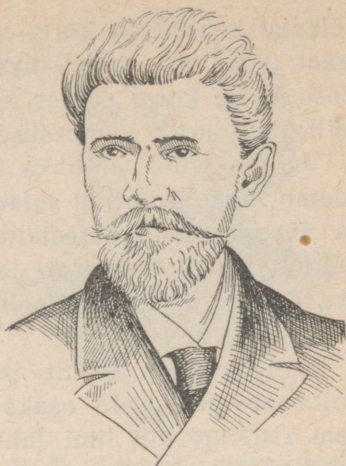
Harjutus 27.

Lahutage kruvikeerajaga elektrilambi pesa osadeks. Tutvuge põhjalikult tema ehitusega. Tehke väliskuju ja üksikosade joonised. Pange pesa uuesti kokku.

73. Sulavkaitsmed. Elektrivõrgu juhtmed on arvestatud suurimale voolule, mis neid peab läbima.

Kuni juhtmeid läbiv vool ei ületa antud juhtme suurimat lubatud koormust, soojeneb juhe vähe. Kuna soojushulk, mida vool eraldab juhtmes, sõltub voolutugevusest, siis juhtme igasugune ülekoormatus vooluga põhjustab tunduva soojenemise. Suure tugevusega vool võib ka jämedat juhet niivõrd soojendada, et isolatsioon hakkab põlema ja kogu võrk läheb rikki, või mis veel halvem, põlev isolatsioon põhjustab tulekahju. Et vältida liini soovimatuid ülekoormatusi ja sellega seoses olevaid katastroofe, asetatakse igasse üksikusse 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 kaitsme jaoks. Kaitsmepesa koosneb portselantoosist ja selles, nagu harilikus pesaski, on metalne keermetis ja varvake, millele on juurde toodud katkestatud juhtme otsad. Sellesse pesa asetatakse port-



A. N. Lodögin (1847—1923).

selanist kehake — kork, mille sisse paigutatakse seatinast traat (joon. 87); traadi üks ots on kinnitatud metallvarvakese külge korgi põhjas, teine ots aga metallkeermetisele, mille abil kork keeratakse pessa.

Juhtme vool läbib ka seatinatraadi. Niipea kui vool ületab lubatud normi, 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 kujult mitmesuguseid, kuid igasuguste kaitsmete peamiseks osaks on juht, millel on märksa väiksem ristlõige kui liini juhtmetel. Liini iga ülekoormatuse korral sulab eelkõige kaitsme peenike juht, mis lülib automaatselt välja liini korrast ära oleva juhtme.

74. Voltakaar. Heledaima valguse annab voltakaar. Voltakaare saamiseks kasutatakse harilikult kahte söest varba, mille otsad asetsevad teineteise vastas. Kui süte



Joon. 88. Voltakaar.

otsad viia algul kokkupuutesse, ja andes sütele 40—50-voldise pinget, eraldada neid uuesti väikesele kaugusele, siis puhkeb nende vahel kaarekujuline pimestav valgus (joon. 88).

Voltakaare avastas 1802. aastal kuulus vene füüsik Petrov. Petrovi avastus omistati ebaõiglaselt inglasele Davy'le, kes uuris voltakaart kümme aastat (1812. a.) pärast seda, kui see oli kirjeldatud Petrovi poolt.

Voltakaare tekkimist seletatakse järgmiselt.

Süte takistus on eriti suur kohas, kus nad puutuvad teineteisega kokku vähestes punktides. Süte kokkupuute kohas tekib vastava voolu puhul määratu hulk soojust.

Õhk, mis on süte vahel, kuumeneb ja muutub kuumenenud olekus ise juhiks. Süte eemaldamisel väikesele kaukusele läheb vool läbi õhu. Süte hõõguvad otsad annavad pimestavat valgust ja temperatuuri kuni 4000° . Sellel temperatuuril muutuvad peaaegu kõik ained auruks.

Voltakaare kasutamine on väga mitmesugune.

Valgusallikana kasutatakse kaart valgustuseks kinoülesvõtete juures, prožektorites ja majakates.

Voltakaare abil võib sulatada metalle ja saada mitmesuguseid sulameid, mida esimesena näitaski Petrov, keda seetõttu tuleb lugeda alusepanijaks elektrometallurgiale.

75. Jablotškovi küünal. 1876. aastal leiutas andekas vene insener P. N. Jablotškov „elektriküünla“, mis välismaal sai nimetuse „vene valgus“.



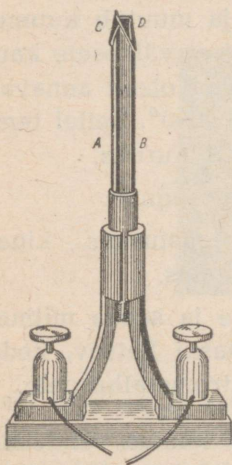
P. N. Jablotškov (1847—1894).



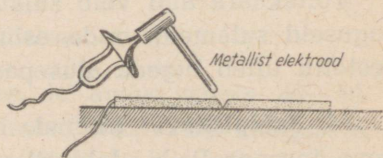
N. G. Slavjanov
(1854—1897).

Jablotškovi küünal koosnes kahest süsivarvast A ja B (joon. 89), mis asetsevad paralleelselt ning olid eraldatud portselansavi kihiga. Süte ülemised otsad ühendati õhukese söe- või metalliribaga CD. Vooluringi sulgemisel riba põles ja süte tipule ilmus voltakaar. Kõrge temperatuuri tagajärjel portselansavi kiht aurustas ja söed põlesid aegamisi. Jablotškovi küünalt kasutati valgustuseks rea aastate jooksul Venemaal ja välismaal.

76. Elekterkeevitus. Soojuse abil, mida annab vool, võib keevitada metalle. Selleks juhitakse kahte keevitavasse metallitükki tugev vool. Keevitavate tükkide ühinemise kohas on vooluringi suurim takistus halva kontakti tõttu; vastava voolutugevuse puhul tekib siin selline soojushulk, mis sulatab metalli, keevitab kaks tükki kokku.



Joon. 89.
Jablotškovi küünal.



Joon. 90. Kaarkeevitamine.

Esimesena kasutas tehnikas elekterkeevitust vene insener Slavjanov 1890. aastal.

Ta kasutas metallide keevitamiseks voltakaart, mida kasutatakse selleks nüüdki. Elekterkeevitamisel ühendatakse vooluallika üks juhe detailiga, teine juhe aga ühendatakse metallvarvaga (joon. 90). Kui algul puudutada varvaga detaili ja siis varb veidi eemaldada, siis tekib detaili ja varva vahel voltakaar ja varb hakkab sulama. Sulanud metall keevitub detaili külge.

VII peatükk.

MAGNETILISED JA ELEKTROMAGNETILISED NAHTUSED.

77. Magnetilised põhinähtused. 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.

Ligindades magnetile raudvõtme, võib täheldada, et võti muutub magnetiks (joon. 91). Ta tõmbab külge raudnaelu, milledest võib saada üsna pika ketikese. Niipea kui magnet rauast eemaldada, kaotab raud magnetilise jõu.

Samuti magnetiseeritakse magnetiga terast, kuid magneti eemaldamisel jääb karastatud teras magnetiseerituks, seepärast võib karastatud terasest valmistada püsivmagneteid (permanentmagneteid).

Asetame magneti lauale laialipuistatud rauapurule; tõstnud magneti laualt, märkame, et rauapuru on jäänud tihedamini magneti otste külge. Mida lähemale kesk- kohale, seda nõrgem on magneti külgetõmme (joon. 92).

Magneti neid kohti, kus ilmnevad kõige suuremad magnetilised mõjud, nimetatakse poolusteks.

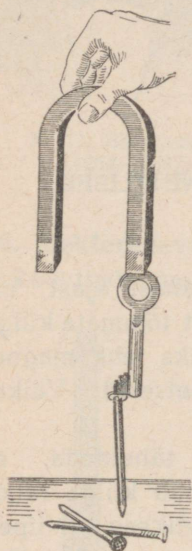
Sirget, mis ühendab pooluseid, nimetatakse magneti teljeks.

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

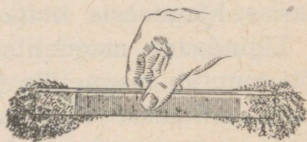
Kui magneti poolus asetada karpi, kus asub raua- ja vasepuru, siis magnet tõmbab külge ainult rauapuru. Tähendab, magnet ei tõmba külge iga metalli.

Tähelepanavamaid magnetilisi omadusi evivad teras, raud ja mõned erisulamid, mida ka tehnikas kasutatakse magnetiliste materjalidena.

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



Joon. 91.

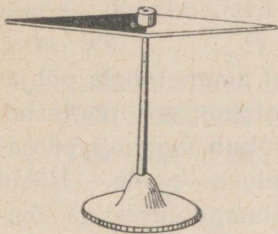


Joon. 92. Magneti poolused.

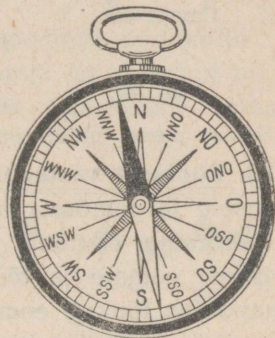
78. Magnetnõel. Magnetiseerime terasnõela ja paigutame selle mingi aluse teravikule (joon. 93). Magnetiseeritud nõel pöörleb alusel ja võtab siis asendi nii, et üks poolus näitab ligikaudselt põhja poole, teine lõunasse. Märgive ära põhja poole pööratud pooluse pealekleebitud paberiga ja pöörame nõela 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, teine poolus aga lõunasse.

Nimetame edaspidi poolust, mis on pööratud põhja poole, magnetiliseks põhjapooluseks ja märgime ta ära ladina tähega N või vene tähega C. Lõunasse pööratud pooluse tähistame tähega S või vene tähega Ю.



Joon. 93. Magnetnõel.



Joon. 94. Kompass.

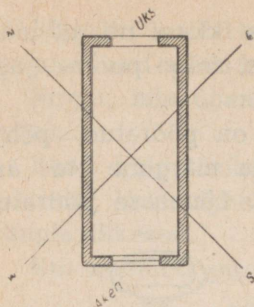
79. Kompass. Vabalt ülesriputatud magnetnõela omadus asetuda kindlas sihis oli hiinlastele teada 4000 aastat tagasi, ja selliseid nõelu kasutasid nad pikkadel reisidel suuna määramiseks. Hiinlaste kaudu nähtavasti tutvusid magnetnõelaga ka teised rahvad.

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

Kompassi ehitus on näha joonisel 94.

Skaala keskohta 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.



Joon. 95.

Sellise plaani näidis on antud joonisel 95.

80. 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.*

Harjutus 29.

Kas kompassi nõela suund muutub, kui talle lähendada rauatükk? Korraldage vastav katse ning seletage katse tulemus.

81. Magnetite ehitus. Sukavarda magnetiseerimisel tekki- sid varda otstes erinevad poolused. Proovime, kas pole võimalik saada ühe poolusega magnetit.

Magnetiseerime 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 raua- puru külge eriti palju, kuna keskel külgetõmbunud puru ei olegi.

Murrame sae pooleks. Kas ei lähe korda sel juhul eral- dada ühte poolust teisest?

Harjutus 28.

Kasutades kompassi, määrake oma toa seinte, akende ja uste asend maailma- kaarte suhtes.

Joonistage paberilehele kaks vastas- tikku risti olevat sirglõiku, märkides nende otsad tähtedega N, S, O ja W.

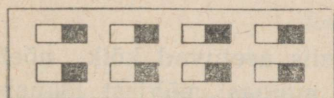
Joonistage samale paberilehele oma toa skemaatiline plaan, asetades seinad maailmakaarte suhtes nii, nagu nad aset- sevad looduses.

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

Kumbki tükk on terve magnet, 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 on nagu väga väikesed magnetikesed, mis on asetatud nii, et nende ühenimelised poolused on suunatud ühtepidi (joon. 96).



Joon. 96.



Joon. 97.

Kui magnetikeste asend muutub ja nad asetuvad üksteise suhtes korratult, siis keha tervikuna osutub mittemagnetiseerituks (joon. 97).

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

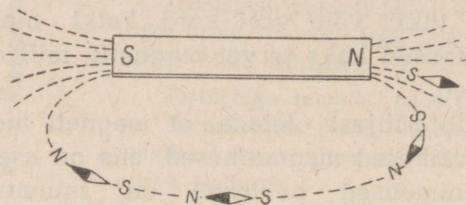
Harjutus 30.

1. Magnetiseerige terasvarras (või žiletitera). Proovige oma kompassiga, kas varras on magnetiseeritud. Siis kuumendage teda tugevasti tules 2—3 minutit. Laske jahtuda ja proovige kompassiga uuesti.

Katse tulemusest kirjutage lühike aruanne.

2. Miks kaotab magnet löögi puhul magnetilise omaduse?

82. Magnetiline väli. Asetanud magnetraua lähedusse mitmesugustesse kohtadesse väikesi magnetnõelakesi, me näeme, et nad on asetunud magneti suhtes mitmel viisil (joon. 98).



Joon. 98.

Kui magnetraud ära võtta, siis asetuvad kõik nõelad umbes geograafilise meridiaani suunas: põhjast lõunasse.

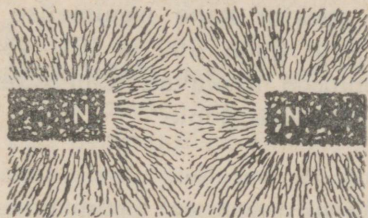
Järelikult, magneti juuresolek muudab tema ümber oleva ruumi omadusi.



Joon. 99.

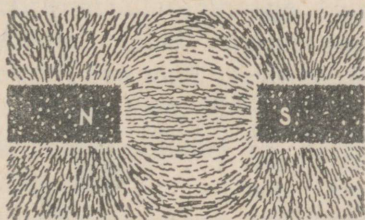
Ruumi, kus ilmneb magneti mõju magnetnõelale, nimetatakse magnetiliseks väljaks, joont aga, mille sihis asetub magnetnõela telg, nimetatakse magneti jõujooneks.

On kokku lepitud võtta jõujoonte suunaks see suund, kuhupoole „vaatab“ magnetnõela põhjapoolus. Sellekohaselt väljuvad jõujooned põhjapoolusest ja suunduvad lõunapoolusesse.



Joon. 100.

Asetame lauale magneti ja paneme sellele kartongilehe. Riputanud kartongile ühtlase kihina veidi rauapuru ja raputanud kartongi, näeme, et puru on asetunud omapäraste joontena, mis suunduvad ühest poolusest teise (joon. 99).



Joon. 101.

Magneti läheduses olles muutus rauapuru ise väikes- teks magnetiteks. Raputades kartongi, anname rauapurule võimaluse vabaneda hõõrdumisest vastu kartongi ja ase- tuda magnetilises väljas jõujoonte suunas. Rauapurust

moodustunud pilti magnetilises väljas nimetatakse magnetiliseks spektriiks.

Joonisel 99 on kujutatud sirgjoonelise magneti magneti-spekter. Joonisel 100 on kujutatud magnetiline spekter kahe ühenimelise pooluse vahel. Joonisel 101 on kujutatud magnetiline spekter kahe isenimelise pooluse vahel. Jõujoonte kuju järgi (joon. 100 ja 101) võib otsustada, et ühenimelised poolused tõukuvad teineteisest, isenimelised aga tõmbuvad teineteise poole.

Harjutus 31.

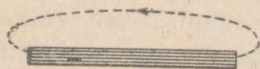
1. Magneti jõujoone suund on näidatud noolega (joon. 102). Määrake poolused.

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

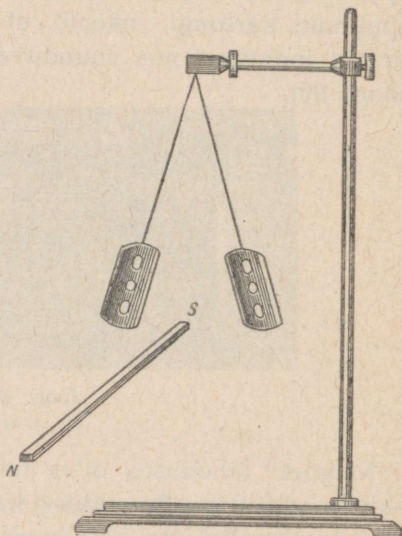
3 Magnetnõela põhja-poolusele lähendati rauatükk, mistõttu nõel pöördus rauast kõrvale. Kuidas antud nähtust seletada?

4. Miks rauapuru, tõmbunud magneti pooluse külge, moodustab üksteisest eemale-tõukuvaid tupsusid (joon. 92).

5. Miks rauaplaadikesed, mis ripuvad niidi otsas kõrvuti, eemalduvad, kui neile lähendada magnet (joon. 103).



Joon. 102



Joon. 103.

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

83. Maa magnetiline väli. Katsed magnetnõelaga, mis asetub kindlas sihis, ja kompassi kasutamine reisidel on selle tõenduseks, et meie asume magnetilises väljas, mis ümbritseb Maad.

Vaadeldes magnetnõela asetust, me ütleme, et nõela põhjaots näitab põhja poole. See pole täiesti õige. Magnetnõela suund ei ühti geograafilise meridiaani suunaga. Järelilikult Maa magnetilised poolused ei ühti geograafiliste poolustega. Nurka antud koha geograafilise meridiaani ja magnetnõela telje suuna vahel nimetatakse käändenurgaks (deklinaatsiooninurk). Käändenurgal on erinevates kohtades eri suurused. 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 (inklinaatsiooninurk). See nurk on keskmistel geograafilistel laiustel võrdne 70° -ga (joon. 104).

Maa magnetilistel poolustel on kaldenurk 90° , teistel laiustel aga väiksem.

Magnetnõel, mis võib vabalt pöörelda igas suunas, asetub jõujoone sihis.

Teades, kuidas asetused magnetnõelad, võime määrata kindlaks Maa magnetilise välja jõujoonte sihte.

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

Samuti magnetiseeruvad ka raudkepp, rööpad ja laeva

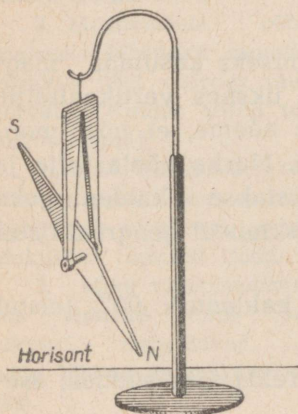
teraskorpus, mis asetsevad Maa magnetilise välja jõujoonte sihis.

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

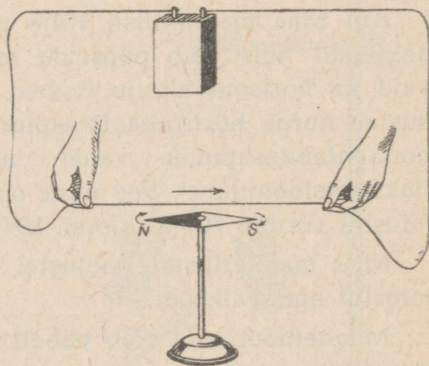
Et vältida seda mõju, asetatakse laeva kompassile täiendavaid magneteid ja koostatakse laeva mitmesuguste asendite puhuks kompassinõela näitude jaoks paranduste tabel.

Harjutus 32.

Raudrööbas on asetatud põhja-lõuna suunas. Mispärast selline rööbas magnetiseerub?



Joon. 104.



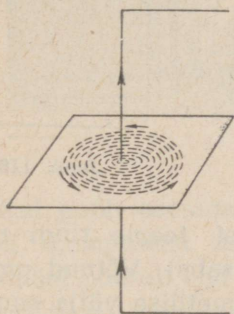
Joon. 105.

84. Voolu magnetiline väli. Asetame magnetnõela peale paralleelselt temaga voolujuhtme ja laseme juhtmest voolu läbi (joon. 105). Me näeme, et magnetnõel kaldub endisest

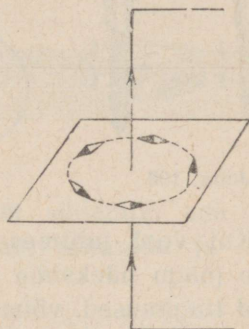
asendist kõrvale. Niipea kui vool katkeb, võtab magnetnõel esialgses asendis ega kaldu enam kõrvale.

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

Uurime voolu magnetilist välja. Lastes voolu läbi jämeda traadi, mis on torgatud läbi kartongi ja millele on puistatud rauapuru (joon. 106), näeme, et puru asetub juhtme ümber ringidena. Kui asetada juhtme lähedusse



Joon. 106.



Joon. 107.

mitu magnetnõela, siis pööravad end kõik magnetnõelad ja asetuvad ringide puutujate sihis (joon. 107). Kui muuta juhtmes voolu suunda, siis pööravad end kõik magnetnõelad ümber ja võtavad vastassuunalise asendi.

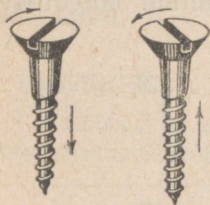
Sirgjoonelise voolu magnetilise välja jõujooned on kontsentrilised ringjooned, mis asetsevad voolu sihi suhtes ristiseisval tasapinnal.

Et määrata kindlaks magneti jõujoonte suunda, kasutatakse „kruvi reeglit“.

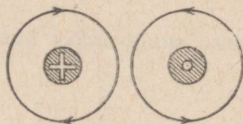
Jõujooned on suunatud nii, nagu liigub kruvipea, kui vool on suunatud nii, nagu liigub kruvi ise (joon. 108).

See reegel jääb kergesti meelde. Et keerata kruvi puusse, tuleb teda pöörata kellaosuti liikumise suunas. Kruvi liikumise suunas minev vool loob magnetilise välja, milles magneti põhjapoolus liigub kellaosuti suunas.

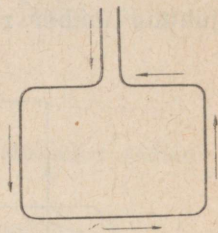
Lepime kokku kujutada voolukandva juhtme ristlõiget ringikujuliselt. Kui selle ringi keskele teeme punkti, siis tähendab see, et vool tuleb meie suunas (me nagu näeksime lendava noole teravikku).



Joon. 108.



Joon. 109.



Joon. 110.

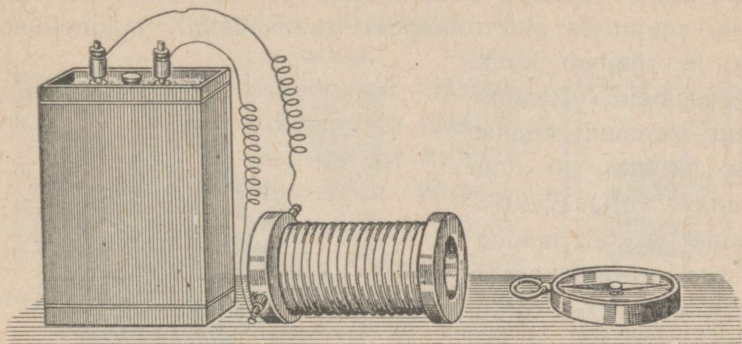
Kui vool juhtmes eemaldub meist, teeme ringi ristkese (nagu näeksime lendava noole saba). Võtnud omaks need tingimused, võime kujutada magnetilise välja suunda juhtme ümber, milles on vool, nii, nagu on kujutatud joonisel 109.

Harjutus 33.

Joonisel 110 on kujutatud traadist ristkülik, mida mööda läheb vool noolte suunas. Joonistage ristküliku iga külje ümber üks magnetiline jõujoon ja määrake selle suund. Kui see oma pinnaga meie poole pööratud traadist ristkülik lähendada külje poolt nõela põhjapoolusele, siis kuidas pöörduv nõel?

85. Pooli omadused, kui pooli läbib elektrivool. Kui lähendada pooli, mida läbib vool, kompassile (joon. 111), siis näeme, et pooli üks ots tõmbab külge nõela põhjapoolust, teine aga lõunapoolust.

Pool, mida läbib vool, on magnetiliste omaduste poolest sirge magneti sarnane. Pooli magnetiline väli meenutab sirge magneti välja (joon. 112).



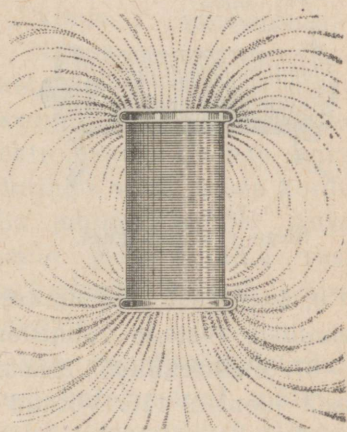
Joon. 111.

Kui pooli asetada pehmest rauast südamik, siis võib pooli kompassist märgatavalt eemale nihutada ja kompassinõel pöörab end ikkagi.

Järelikult raudsüdamik suurendab pooli magnetilist mõju.

86. Elektromagnet. Vooluga pooli magnetilisi omadusi võib ära kasutada elektromagnetite ehitamisel.

Elektromagneti lihtsaim kuju on raudsüdamik, mis on asetatud isoleeritud traadist pooli (joon. 113). Kui pooli läbib vool, ilmutab

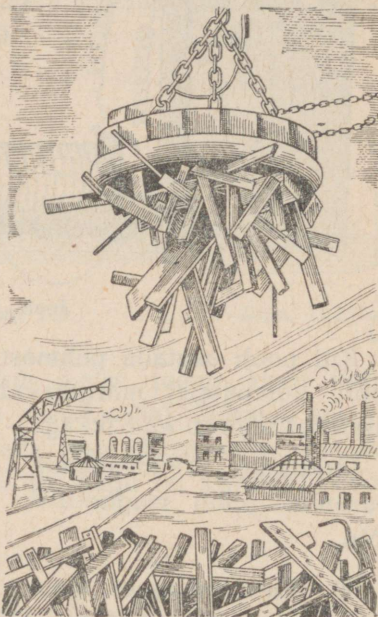


Joon. 112.

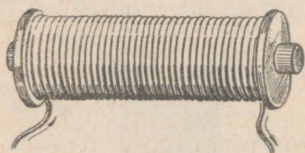
südamik magnetilisi omadusi. Niipea kui vool katkeb, kaotab südamik magnetilised omadused peaaegu täiesti.

Joonisel 114 on kujutatud elektromagnet tõstekraanal. Viies sellise kraana raudesemete juurde, lülitakse vool sisse: seejuures elektromagneti raudsüdamik magnetiseerub ja tõmbab külge raudesemeid. Ülestõstetud esemed viiakse teise kohta ja vool lülitakse välja. Elektromagnet kaotab magnetilisuse, raud asetatakse vajalikku kohta, kraana aga suunatakse uue rauakoorma järele.

Tugevat mõju avaldavad hobuserauakujulised magnetid (joon.



Joon. 114. Elektromagnet tõstekraanal.

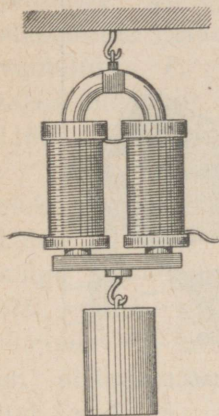


Joon. 113.
Sirge elektromagnet.

115), seepärast kasutatakse neid ka mitmesuguste elektrotehniliste riistade valmistamiseks.

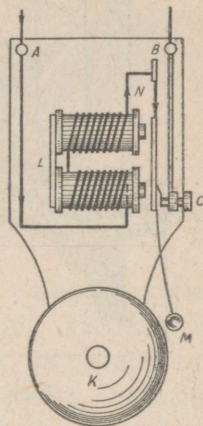
87. Elekterkõlisti. Elekterkõlisti on kujutatud skemaatiliselt joonisel 116. Võtnud kõlistilt katte, näeme hobuserauakujulist elektromagnetit L , mille mähise üks ots on kinnitatud kõlisti sisseviiva klemmi A külge.

Vool, tulles klemmi A, voolab algul elektromagneti ühte pooli mööda, läheb siis teise pooli üle, satub sealt vedrusse N, mis tõmbab eemale rauast „ankrut“, ja läheb kontakt-krüvikese C kaudu, mis ühendab metallplaadikest



Joon. 115.
Hobuserauakujuline magnet.

teise klemmiga B, vooluringi. Voolu läbiminekul tõmbub ankur vastu elektromagnetit ja kuulike M, mis on ühendatud ankruga, annab löögi vastu kella-kausikest K. Elektromagneti poolt külgetõmmatud ankur eemaldub kontakt-krüvist, mille tagajärjel vool katkeb ja elektromagnet lakab ankrut külge tõmbamast. Niipea kui vool katkeb, tõm-

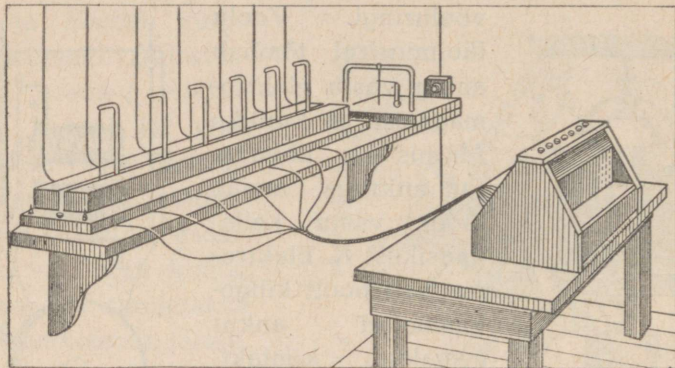


Joon. 116.
Elekterkõlisti.

bab vedru ankrut vastu kontaktkrüvi, kusjuures tekib automaatselt uus vooluühendus, elektromagnet tõmbab ankrut uuesti külge, uuesti katkeb vooluringis vool, ja see kordub nii kaua, kuni vajutatakse kella juhtme nupule. Ankrut igal lähenemisel elektromagnetile lööb kuulike vastu kella, ja kuna voolu ühendus ja katkestus kordub, kõliseb kell nii kaua, kuni vajutatakse nupule.

Elekterkõlistite abil teostatakse signaliseerimist tulekahju puhul. Võib seada sisse automaatselt töötavaid hoiatussignaale. Automaatseid elektromagnetilisi signaale kasutatakse tihti raudteel.

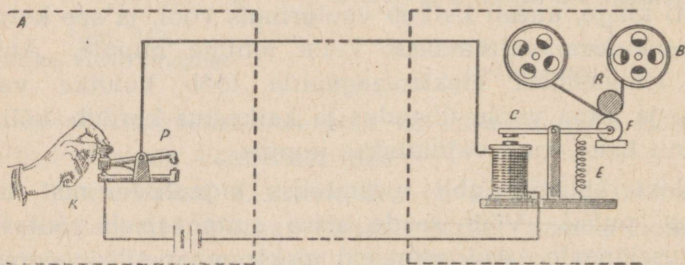
88. Elektritelegraaf. Telegraaf kujutab enesest seadeldist, mille abil võib mitte üksnes anda signaale kauguste taha, vaid neid signaale võib ka üles kirjutada. Sõna telegraaf koosneb kahest sõnast: *tele* — kaugete ja *grafa* —



Joon. 117. Schillingi telegraafiaparaat.

kirjutata. Seega on telegraafi-seadeldis määratud signaalide edasiandmiseks kauguste taha ja nende üleskirjutamiseks.

Esimene elektritelegraafi aparaat (joon. 117) leiutati 1832. aastal Venemaal õpetlase Schillingi poolt.



Joon. 118.

Kõige laiema leviku osaliseks sai Morse elektromagnetiline telegraaf, mille ta leiutas 1837. aastal.

Morse telegraafi ehitus on järgmine: saatejaamas *A* on elementide patarei ja eriline voolulüliti *P*, mida nimetatakse telegraafi võtmeks (joon. 118).

Vastuvõtujaamas *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*; viimane on kaetud värviga. Vastuvõtu- ja saatejaam on ühendatud juhtmega. Telegraafi võti on varustatud vedruga, mis lahutades metallkangi kontaktist *K*, välja lülib ahela. Et sulgeda ahelat, peab vajutama kangile ja viima selle ühendusse kontaktiga. Voolu sisselülitamisel jaamas *A* tõmbab elektromagnet jaamas *B* külge raudankru, mis sunnib rattakest *F* puudutama võllikest *R*, mille ümber liigub eri mehhanismi abil pabeririba. 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.

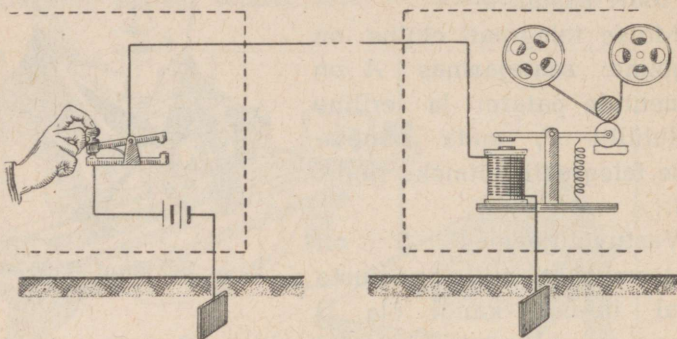
Kombineerides kriipse ja punkte võib nende abil koostada leppemärkide tabeli, mille märgid vastavad alfabeedi tähtedele, numbritele ja kirjavahemärkidele.

Joonisel 119 on kujutatud sama skeem, mis joonisel 118, kuid ainult selle vahega, et liiniks jäi üks juhe. Patareist väljuv juhe ja elektromagnetist väljuv juhe pole teinetei-



P. L. Schilling (1786—1837).

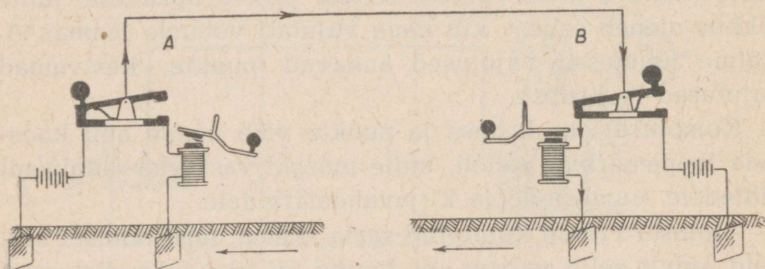
sega ühendatud metallist juhtme abil, vaid on juhitud maasse. Ilmneb, et sellise ühenduse puhul osutub teine juhe üleliigseks.



Joon. 119.

Joonistel 118 ja 119 on kujutatud telegraafi-seadeldise lihtsaim skeem, mille abil on võimalik telegrammide ülevandmine jaamast A jaama B, kuid pole võimalik vastupidine ülevandmine. Et oleks võimalik telegrammide vahetus jaamade vahel, on tarvilik, et igasühes neist oleks telegraafiaparaat ja võti.

Kahe jaama ühenduse skeem, mis annab neile võimaluse



Joon. 120

omavahel ühendust pidada, on kujutatud joonisel 120. Siin näeme, et mõlemas jaamas on telegraafiaparaadid ja võtmed.

Joonisel 120 on kujutatud kangide asendid sel juhul, kui 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 on kõige lihtsamad skeemid, mis selgitavad telegraferimise printsiipi. Praeguste telegraafiaparaatide ehitus ja töötamine on märksa keerukam.

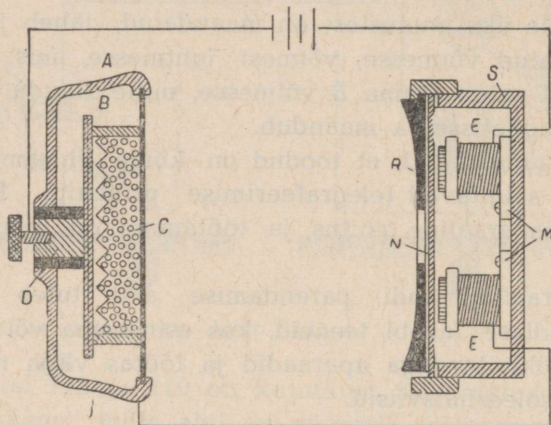
Telegraafiaparaadi parendamise alal tuleb märkida vene teadlase Jacobi teeneid, kes esimesena võttis tarvitusele trükitähtedega aparaadid ja töötas välja maa-aluse juhtme isoleerimisviisid.

89. Mikrofon ja telefon. Lihtsaim telefoni-seadeldis koosneb mikrofonist¹, 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. Mikrofon (joon. 121) on ümmargune metallkarbike A õhukese sõest kaanega — membraaniga C. Karbis A asetseb süsiplaadike B. Plaadikesest B lülitub 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 memb-

¹ Kreeka sõnadest: *mikros* — väike, *fone* — hääl.

² Kreeka sõnadest: *tele* — kauges, *fone* — hääl.

raani C. Membraani võnkumisel surutakse söepulbrile kord tugevamini kord nõrgemini, mille tagajärjel söepulbri takistus ja ühes sellega ka kogu vooluringi voolutugevus kõigub järsult. Vooluringi läbib muutuva tugevusega vool.



Joon. 121. Mikrofon ja telefon.

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

Vooluringist tulev vool läheb läbi telefoni poolide E.

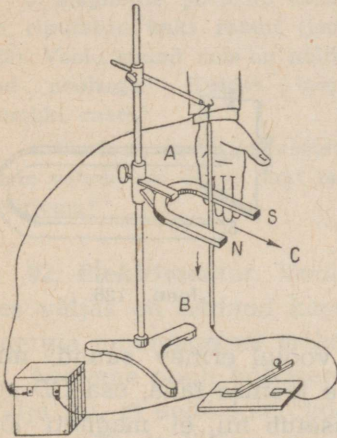
Voolutugevuse kõikumisel telefoni vooluringis muutub membraani külgetõmme magneti poolt. Telefoni membraan võngub täpselt samuti nagu mikrofoni membraan, mistõttu kuuleme telefoni teel edasiantavat kõnet.

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.

ELEKTRIENERGIA MUUNDUMINE MEHAANILISEKS ENERGIAKS.

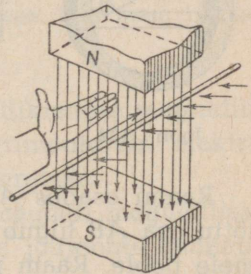
90. Vooluga juhtide liikumine magnetilises väljas.

Kui sulgeda vooluring (joon. 122) ja lasta voolu läbi juhi, mis on hobuserauakujulise magneti magnetilises väljas, siis hakkab vooluga juht liikuma.



Joon. 122. Vooluga juhi liikumine magnetilises väljas.

Kui magnet ära võtta, siis juht ei liigu. Tähendab, magnetiline väli mõjutab vooluga juhti.

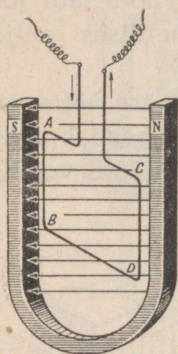


Joon. 123. Vasaku käe reegel.

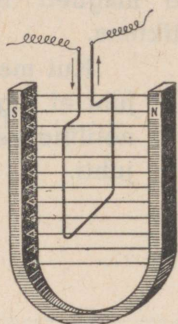
Muutes voolu suunda või magnetilise välja suunda, märkame, et muutub ka juhi liikumissuund. Vooluga juhi liikumissuunda magnetilises väljas võib määrata järgmisel viisil (joon. 123): asetame vasaku käe nii, et magneti jõujooned suunduksid peopessa, väljasirutatud sõrmed aga näitaksid voolu suunda, siis näitab kõrvalepööratud põial vooluga juhtme liikumise suunda. Kuna vooluga juht lii-

gub magnetilises väljas jõu mõjul, siis tehakse seejuures tööd ning tarvitatakse järelkult voolu energiat.

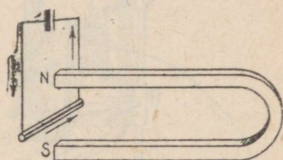
91. Vooluga raam magnetilises väljas. Asetame hobuse-
rauakujulise magneti magnetilisse välja täisnurkse traat-
keeru — täisnurkse raami nii, nagu näidatud joonisel 124,
ning laseme raamist voolu läbi.



Joon. 124.



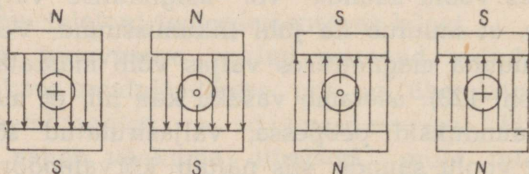
Joon. 125.



Joon. 126.

Raami osades *AB* ja *CD* on voolul erinev suund, mistõttu osa *AB* liigub meist eemale joonise taha, osa *CD* aga meie poole. Raam pöörduv ja asetub nii, et magneti jõujooned tungivad läbi ta tasapinna (joon. 125).

Kui katse algul oleks voolu suund olnud teine, siis oleks raam pööranud end vastupidises suunas.



Joon. 127.

Harjutus 34.

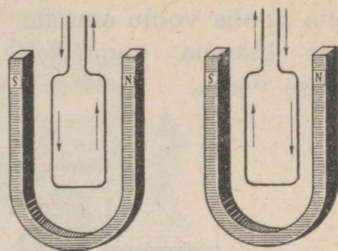
1. Kuhupoole liigub juht joonisel 126? Voolu suund temas on näidatud nooltega.

2. Magneti (joon. 127) pooluste vahele on asetatud neli vooluga juhti. Kuidas liigub igaüks neist?

Märkus. Märk \odot tähendab, et vool tuleb meie poole, märk \oplus — vool läheb meist eemale.

3. Magnetite pooluste vahele on riputatud kaks raami (joon. 128). Voolu suund neis on näidatud nooltega. Kuidas liigub kumbki raam?

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



Joon. 128.

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

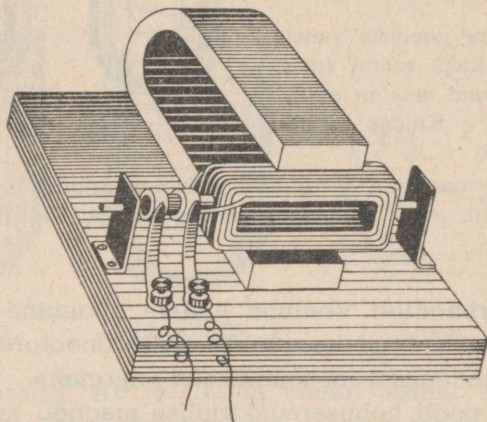
Asetame pooli hobuserauakujulise magneti magnetilise välja nii, et selle keerdude pind ühtiks jõujoonte suunaga (joon. 129), ja lülime sisse voolu¹.

Kuna pool kujutab enesest rida omavahel ühendatud traatraame (keerdusid), siis pöörab ta end ja jääb pärast teatud kõikumist seisma niisuguses asendis, et tasapind, milles asuvad keerud, on risti jõujoonte suunaga.

Voolu suuna muutmisel poolis pöörab viimane end magnetilises väljas 180° võrra ja läheb esialgu tasakaaluasendist kaugemalegi.

¹ Vool juhitakse pooli kahe vaskrõnga abil, mis on asetatud teineteisest ja teljest isoleerituna pooli teljele; rõngaste külge on joodetud mähiste otsad.

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

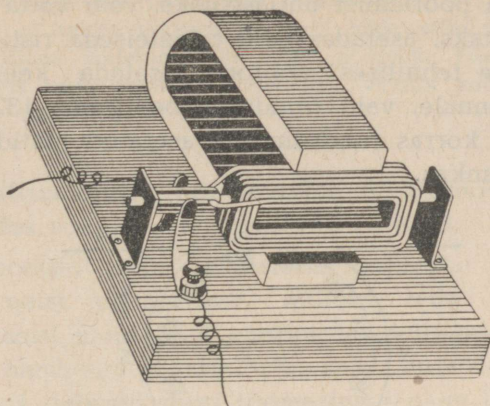


Joon. 129.

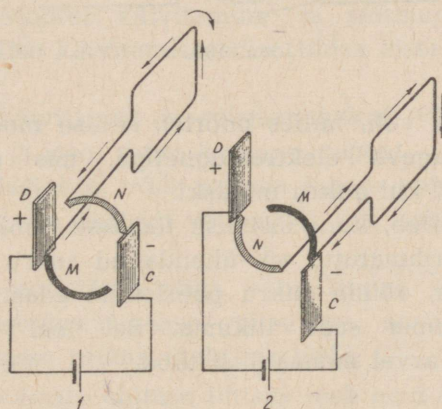
Voolu suuna automaatseks muutmiseks kasutatakse kollektorit. Lihtsaim kollektor koosneb kahest poolrõngast, mis asetsevad samal teljel, millel on pool. Vool lastakse poolrõngaisse kahe plaadikese (harjakeste) abil, mis neid puutuvad. Pooli pöörlemisel pöörlevad koos ka teljele kinnitatud poolrõngad (joon. 130).

Kui asendis 1 (joon. 131) harjakese *D* külge puutub poolrõngas *M*, siis läheb vool poolis *M*-st *N*-le ja pool pöörab end 180° võrra. Selle pöörde lõpul hakkab (asend 2, joon. 131) poolrõngas *N* puutama harjakest *D* ja vool

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



Joon. 130.

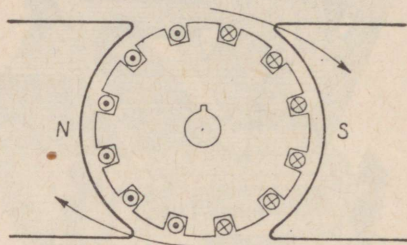


Joon. 131.

Magnetiline väli mõjutab pooli suurima jõuga sel juhul, kui pooli keerdude tasapind on asetatud piki magnetilise välja jõujooni. Kui pooli pind on välja jõujoontega risti,

siis pöörleb pool ainult inertsil mõjul. Pooli pöörlemine toimub tõugetega.

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 ümber (joon. 132). Seesugune teatud korras raudsilindriale asetatud juhtide süsteem moodustab ankru.



Joon. 132.

Magnetiline väli, milles pöörleb sellise mootori ankur, tekitatakse tugeva elektromagnetiga, mis saab voolu samast allikast kui ankrumähiski.

Ankur pöörleb, kuni lastakse temasse voolu. Asetanud ankruteljele rihmaratta või ühendanud ankrutelje mingi masina teljega, võime ankrut pöörlemist edasi anda igale masinale ja panna seda liikuma. Sel teel sooritatakse elektrienergia arvel mehaanilist tööd.

93. Laboratoorne töö nr. 6. Töö eesmärk — koostada valmisosadest elektrimootori mudel ja proovida ta tööd.

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

Tööjuhend.

1. Koostada riist vastavalt joonisele 129.
2. Lülides sisse vool, 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 suhtes magnetilises väljas.

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

Elektrimootorit võib valmistada igasuguse võimsusega, olenevalt neist otstarvetest, milleks teda määratakse, alates väikesist mootoreist puurmasina käitamiseks, mida kasutavad hambaarstid, kuni võimsate elektrimootoriteni, mis käitavad selliseid suuri töomasinaid nagu bluumingud.

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

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

Elektrimootor võtab väga vähe ruumi, ei eralda tööjuures mingisuguseid gaase, suitsu ega auru. Teda võib paigutada igasse ruumi, igale masinale.

Elektrimootorite ehituse lihtsus teeb neid töös usaldatavaks ja valmistamisel odavaks.

Võimsate elektrimootorite kasutegur tõuseb kuni 96%-ni, mida ei saavuta ükski teine jõumasin.

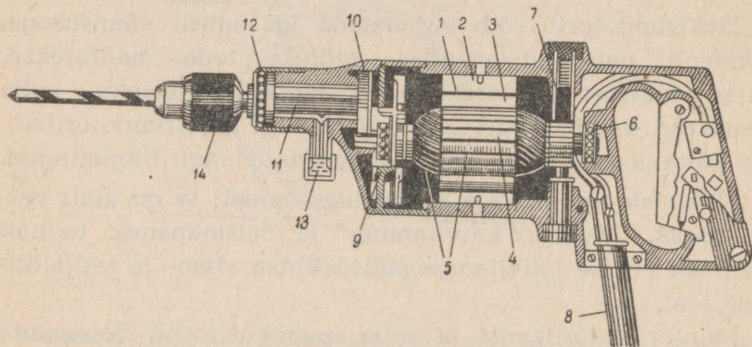
Elektrimootorid, mis on üles seatud igale üksikule tööpingile, päästavad vabrikud liikuvate rihmade võrgust,

võimaldavad energia ratsionaalset ära kasutamist ja kadude vähendamist.

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

Energia kohaleviimine elektrijuhtme abil lubab mehhaniseerida rida töid, mis neis vabrikuis, kus on tarvilusel aurujõumasinate, teostatakse käsitsi.

Drellpuur, milles puur pannakse liikuma väikese mootori abil, on töölise kätes väikeseks puurmasinaks, mis



Joon. 133. Drellpuur.

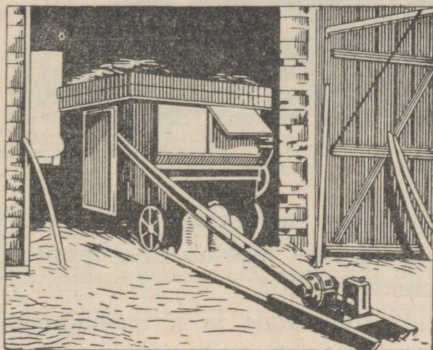
1 — drellpuuri mootor; 2 — elektromagneti südamik; 3 — elektromagneti kingakesed; 4 — ankur; 5 — ankrumähis; 6 — kollektor; 7 — harjakesed; 8 — voolu sisselülitus; 9 — ankruvõll; 10 — hammasratas-ajam; 11 — drellpuuri spindel; 12 — kuullaager; 13 — õlik; 14 — drellpuuri pesa.

on võimeline puurima igas suunas ja igas kohas, kuhu ainult puuriga juurde pääseb (joon. 133). Elektrimootorid, mis on asetatud sildkraanale, viivad edasi kraanat ennast ja tõstavad raskusi. Mitmesuguse võimsusega mootorid panevad käima vabriku ventilatsiooni.

Võimsaid elektrimootoreid kasutatakse meil põllumajanduses elektritrade, pumpade, viljapeksumasinate, tuulajate, hekslimasinate ja sortimismasinate käitamiseks

(joon. 134); väiksema võimsusega mootoreid võib kasutada koorelahutamisel, võitegemisel ja lehmälüpsmisel.

Liinilaev — sõjalaev veeväljasurvega mitte alla 25 000 T, kannab enesel kahureid, soomust, laskemoona, masinaid ja suurt komandot — üle 1000 inimese. Laeva rasked kahurid asuvad erilistes soomustatud tornides.



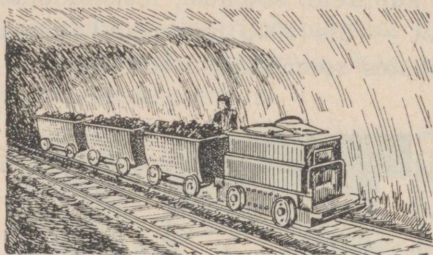
Joon. 134. Mootor põllumajanduses.

Tulistamise korral peavad tornid end pöörama, suunates kahureid märgi poole.

Tornide sisemuses asetsevad elektrimootorid ühes mehhanismidega torni pööramiseks, kahurite tõstmiseks ja kallutamiseks, samuti ka laengute ja mürskude kätteandmiseks. Erilised 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 torni kahurid märgi poole, kusjuures samaaegselt toimub ka laadimine. On küllalt ühest vajutusest nupule, et märgi suunas anda kogupauk kõigist kahureist korraga.

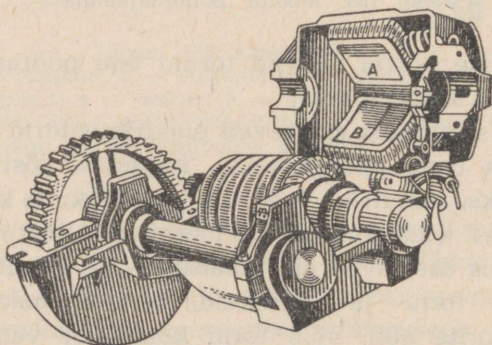
Vee all sõidu ajal on allveelaevadel elektrimootorid, mida toidetakse akumulaatorite patareidega, ainsaiks võimalikeks jõumasinaiks.



Joon. 135.

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,

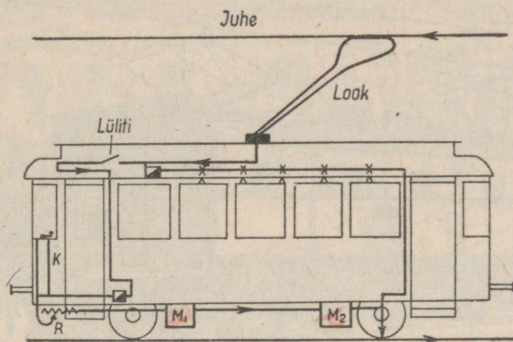


Joon. 136. Trammimootor.

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

mida veab elektrimootoriga varustatud elektrivagonet. Voolu annab mootorile akumulaatorite patarei, mis asetseb mootorvagonetil.

Joonisel 135 on näha akumulaatorite patarei poolt toidetava elektrimootori rakendamise kaevanduse elektriveduris, mida kasutatakse maagivagunite veoks.



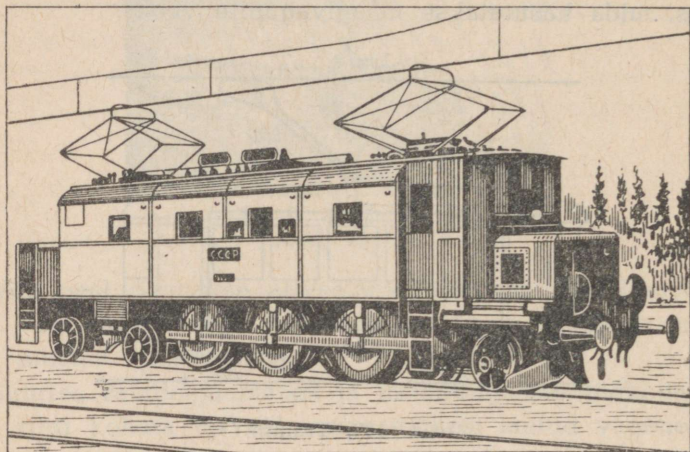
Joon. 137. Tramm.

Mootorid, mis panevad liikuma trammivaguni, asetsevad vaguni all iga telje läheduses. Joonisel 136 on kujutatud üks vaguni telgi ühes sellele paigutatud mootoriga.

Vool juhitakse vagunisse looga abil, mis on paigutatud vaguni katusele ja mis puutub juhet, ning sealt läheb vool rööbastesse. Voolu tee on järgmine (joon. 137); ülemisest juhtmest läheb vool looka mööda erilisse aparati, mida juhib trammijuht, nn. kontrollerrisse¹ K, kust satub mootorite M_1 M_2 ühte kollektori harjakesse; läbinud ankru mähise ja elektromagnetite mähise, läheb vool vaguni teljesse, kust rataste kaudu läheb trammitee rööbastesse.

¹ Kontrolleri abil on vagunijuhil võimalus reguleerida mootorisse tuleva voolu tugevust, mootorit võrku sisse ja välja lülida ning muutes voolu suunda ankru mähises, muuta ankru pöörlemise suunda.

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

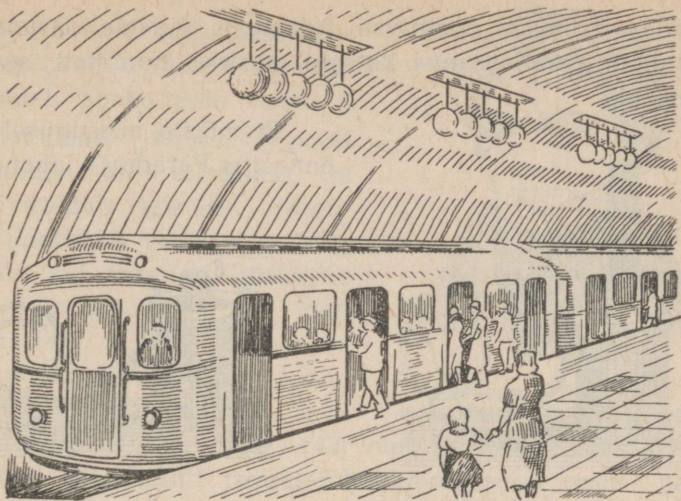


Joon. 138. Elektrivedur.

Laialdane võimalus muuta liikumiskiirust, energiakulu puudumine peatuste ajal ja trammi suur keskmine kiirus, vaatamata sagedastele peatustele, teevad ta linnatranspordi sobivaks vahendiks.

Mootori suur kasutegur, võimalus ära kasutada madala-sordilise kütuse odavat energiat või hüdrojaama energiat, omavad erilist tähtsust elektrifitseerimisel ning liiklemisel nii maapealsetel kui ka maa-alustel elektriraudteedel (joon. 138 ja 139).

Nõukogude Liidus on juba nüüd küllalt tähelepanuvääriv elektrifitseeritud raudteede võrk ja iga aastaga see suureneb ikka enam ja enam.



Joon. 139. Elektrirong metroos.

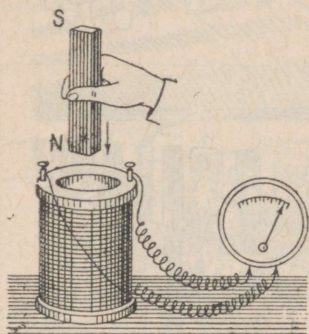
IX peatükk.

ELEKTROMAGNETILINE INDUKTSIOON.

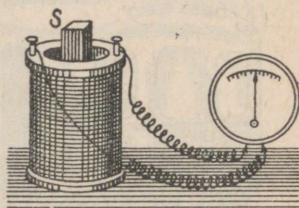
95. Induktsioonvool. Me nägime, et magnetnõel kaldub kõrvale juhtmest läbimineva voolu mõjul; vooluga pooli asetatud raudpolt magnetiseerub; vooluga juht, olles magnetilises väljas, hakkab liikuma. Kõik need nähtused viisid inglise uurija Faraday mõttele, et kui vool avaldab magnetilist mõju, kas siis ka magnetiline väli mõningais tingimustes ei peaks tekitama voolu. 1822. a. Faraday kannab oma märkmeteraamatusse uurimiseesmärgina: „muuta magnetism elektriks“. Faraday teeb temale omase visadusega mitmesuguseid katseid kuni 1831. aastani. Esimesed katsed ebaõnnestusid. Alles 29. augustil 1831. aastal sai

Faraday esimese positiivse tulemuse. Sellele järgnevalt korraldab Faraday uusi katseid, uurides hoolikalt saadud tulemusi.

Et mõista, missugusel teel õnnestus Faraday'l lahendada



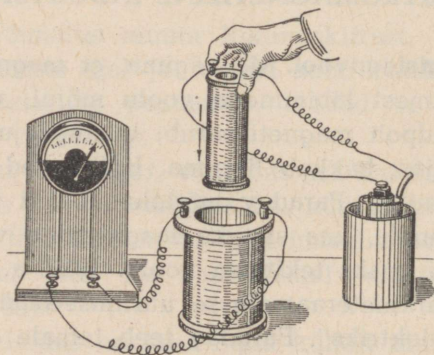
Joon. 140. Magneti lükkamisel pooli tekib poolis vool.



Joon. 141.

ülesanne: „muuta magnetism elektriks“, korraldame ise mõningaid katseid, milliseid tegi Faraday.

Võtame traadipooli ja ühendame ta tundliku galvanomeetri klemmidega. Pool ja galvanomeeter moodustavad



Joon. 142. Vooluga pooli asetamisel teise pooli tekib viimases vool.

suletud vooluringi. Galvano-
meetri osuti ei kaldu kõrvale,
tähendab poolis pole voolu.

Hakkame asetama pooli
magnetit; me märkame, et
osuti kaldub kõrvale, järeli-
kult poolis on vool (joon. 140).
Niipea kui magneti liikumine
jäab seisma, katkeb ka vool
(joon. 141).

Analoogiline nähtus tekib,
kui magneti asemel hak-
kame pooli viima (joon. 142) elektromagnetit, või jättes
magnetit liikumatult paigale, hakkame pooli tema peale
asetama ja ära võtma (joon. 143).

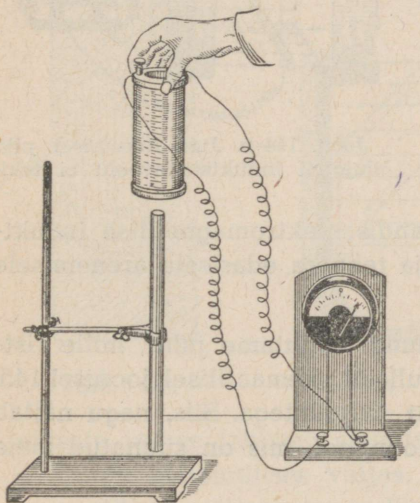
Järelilikult juhis tekib elektrivool, kui juht ja magnet
teineteise suhtes liigu-
vad.



Faraday (1791—1867).

Olgu tähendatud, et
mitte igasugusel juhi
liikumisel magnetilises
väljas ei teki voolu.

Liigutades juhti
(joon. 144-a), mis on
kinnitatud tundliku gal-
vanomeetri klemmide
külge, tugeva elektro-
magneti pooluste va-
hele, märkame, et
induktsioonvool tekib
juhis ainult sel juhul,
kui juht oma liikumi-
sel lõikab magneti jõu-

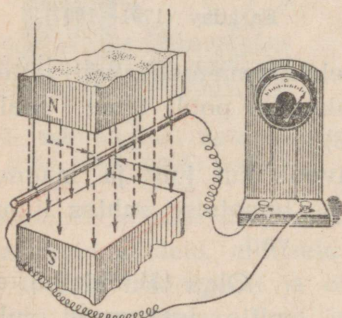


Joon. 143. Pooli asetamisel
magnetile tekib poolis vool.

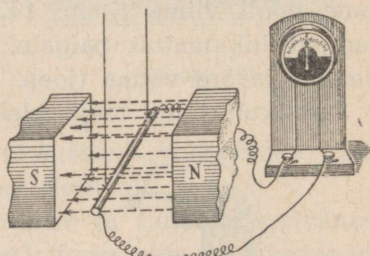
jooni, kui aga juht liigub piki jõujooni, neid lõikamata, siis temas voolu ei teki (joon. 144-b).

Elektrivoolu tekkimise nähtust suletud juhis magneti jõujoonte lõikamisel nimetatakse elektromagnetiliseks induksiooniks, tekkivat voolu aga induksioonvooluks.

Kui magnetilises väljas liigutada sulgemata juhti, siis voolu muidugi ei teki, kuid see-eest ilmub ta otsesse pinge. On vaid vaja juhi otsad ühendada, kui tekitatud pinge kutsub kohe juhis esile voolu.



Joon. 144-a. Juht lõikab jõujooni.



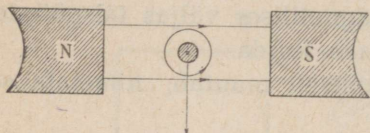
Joon. 144-b. Juhi liikumisel piki jõujooni induksioonvoolu ei teki.

Nagu edaspidi näeme, andis elektromagnetilise induksiooni avastamine füüsika ja tehnika edasisele arenemisele võimsa tõuke.

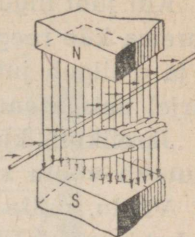
96. Induksioonvoolu suund. Liigutame juhti, mille ristlõige on kujutatud ringikujuliselt skemaatilisel joonisel 145, allapoole perpendikulaarselt jõujoontega. Siis, nagu näitab katse, tekib temas induksioonvool, mis on suunatud meie poole.

Magnetilises väljas liikuvast juhis tekkinud induksioonvoolu suunda määratakse parema käe reegli järgi.

Kui asetame parema käe peopesa nii, et magnetilised jõujooned tuleksid temasse, pöidla aga suuname juhi liikumise suunas (joon. 146), siis näitavad parema käe neli sõrme suunda, milles liigub induksioonivool.

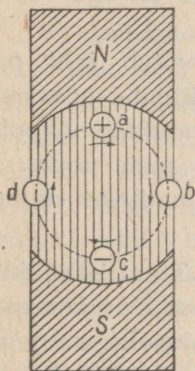


Joon. 145.

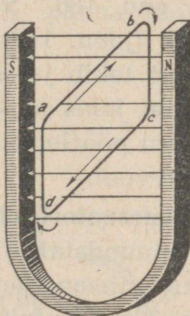


Joon. 146.

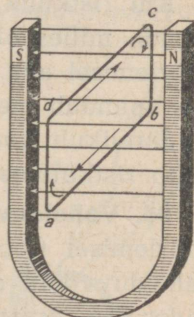
97. Vahelduvvoolu saamine. Liikugu magnetilises väljas juht, mille otsad on ühendatud galvanomeetriga. Juhi asendid märgime ringikestega *a*, *b*, *c*, *d* (joon. 147). Nool rin-



Joon. 147.



Joon. 148.



Joon. 149.

gikeste juures tähistab suunda, milles antud momendil liigub juht magnetilises väljas. Seisundis *a* juht, liikudes magnetilises väljas perpendikulaarselt jõujoontega, lõikab neid, mille tagajärjel juhis tekib vool, mis juhti mööda

eemaldub neist; see on ka näidatud ringis märgitud ristikesega.

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

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

Voolu, mille suund perioodiliselt muutub, nimetatakse vahelduvvooluks.

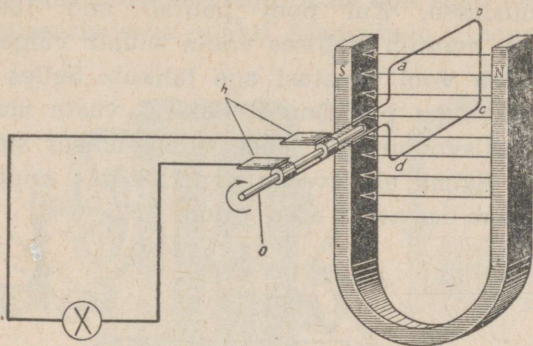
Oletame nüüd, et magnetilises väljas pöörleb kella osuti suunas juht (joon. 148), mis on painutatud riskülikuks *abcd*. Niipea, kui riskülik läheb pööreldes välja joonisel näidatud asendist, lõikab külge *ab* jõujooni liikudes alla, külge *cd* aga liikudes üles. Küljes *ab* tekib induktioonvool, mis suundub meist eemale, küljes *cd* aga vool, mis suundub meie poole.

Kui riskülik pöörab end 180° võrra, võtab juht *cd* asendi, milles oli juht *ab* (joon. 149), ja liigub edasisel pöörlemisel alla. Seepärast tekib juhis *cd* induktioonvool, mis suundub meist eemale, juhis *ab* aga — meie poole.

Järelikult traatrisküliku pöörlemisel magnetilises väljas tekib riskülikus vahelduvvool.

98. Vahelduvvoolu generaatori ehitus. Traatrisküliku pöörlemisel (joon. 148) muundatakse mehaaniline energia vahelduvvoolu energiaks, viimane aga soojuseks, soojendades seda traatmähist meile kasutult. Ulesanne seisab selles, et viia tekkinud vool mingisse vastuvõtjasse, näiteks elektrilampi. Selleks lõikame risküliku külje *ad* katki ja ühendame traadi otsad teljel asetseva kahe isoleeritud metalse rõngaga (joon. 150). Rõngad puudutavad metallplaadikesi — harjakesi *h*, mis loovad kontakti välisvooluringiga. Telge *o* võib panna liikuma mingi jõumasinaga.

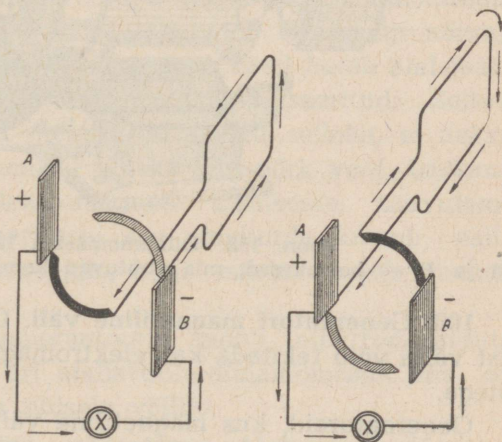
Uhes teljega hakkab pöörlema ka traatristkülik — ankur. Seega siis on joonisel 150 kujutatud vahelduvvoolu kõige lihtsama generaatori mudeli skeem.



Joon. 150.

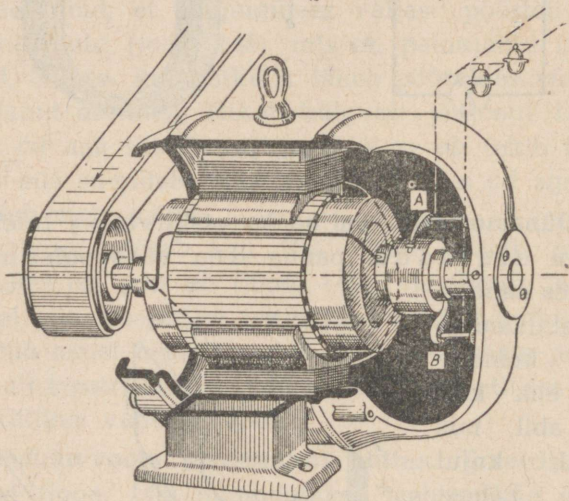
99. Dünamomasin. Paljudeks otstarveteks tuleb vahelduvvoolu alaldada, panna teda välisvooluringis voolama ühes suunas.

Voolu alaldamine toimub kommutaatori ehk kollektori abil, mis lihtsamal kujul koosneb kahest nii teineteisest kui ka teljest isoleeritud vaskpoollõngast. Suruge hari A (joon. 151-a) vastu musta poollõngast, millesse antud mo-



Joon. 151 a ja b. Kommutaatori tegevuse skeem.

mendil tuleb vool, hari *B* aga suruge vastu valget poolrõngast, millest lahkuv vool. Välisvooluringis läheb vool harjast *A* harjasse *B*. Mähises läheb vool valgest poolrõngast mustasse. Kui pool pöörab end 180° võrra (joon. 151-b), muutub mähises voolu suund: valgesse poolrõngasse tuleb vool, mustast aga lahkuv. Selles asendis surub vastu valget poolrõngast hari *A*, vastu musta aga hari *B* ja välisvooluringis läheb vool endises suunas — *A*-st *B*-sse. Saime alalisvoolu generaatori, mida nimetatakse dünamomasinaks (joon. 152).



Joon. 152. Dünamomasina läbilõige.

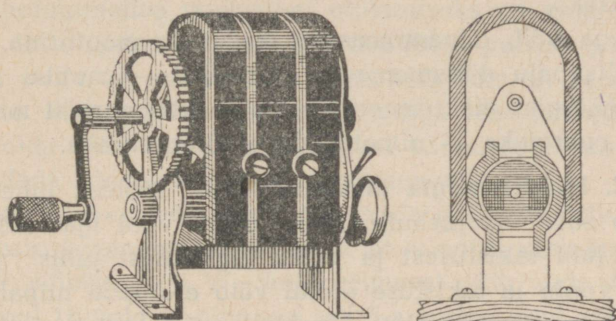
A ja *B* — harjakesed, mis puutuvad kommutaatori poolrõngaid.

100. Generaatori magnetiline väli. Generaatori magnetilist välja võib tekitada kas elektromagneti või terasmagnetitega.

Generaatoreid, kus magnetiline väli on tekitatud terasmagnetitega, nimetatakse **magneetodeks**. Neil on väike võimsus ja neid kasutatakse näiteks sisepõlemis-

mootoreis sädemete tekitamiseks ja telefoni lühiliinidel signaliseerimiseks (joon. 153).

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



Joon. 153. Magneeto.

toidab 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 ankrumähisest 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.

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

101. Dünamomasina pööratavus. Alalisvoolu dünamomasin, kui tema ankur pannakse liikuma, kulutades sel-

leks mingit energiat, on elektrienergia allikaks — generaatoriks — ja muudab jõumasina mehaanilise energia elektrivoolu energiaks.

Umberpöördult, kui lasta dünamomasina mähistesse elektrivool, siis dünamomasina ankur hakkab liikuma ja seda ankru liikumist võib ära kasutada ühe või teise töö tegemiseks.

Seega võib dünamomasinat kasutada mootorina.

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

102. Elektrienergia ülekanne. Vool, läbides juhet, soojendab seda. Soojushulk, mida eritab vool igas sekundis, sõltub juhi takistusest ja voolu tugevusest juhisis. Küllalt suure voolu ja takistuse puhul võib eralduda niipalju soojust, et juhe sulab üles. Järelikult võib teatud ristlõikega traati mööda lasta ohutult ainult teatud tugevusega voolu. Nii näiteks on 1 mm² ristlõikega isoleeritud vasktraadi suurimaks lubatud koormatuseks 11 amprit, 4 mm² ristlõikega vasktraadil — 25 amprit. Teatud voolutugevusele vastab ainult teatud vaskjuhtme ristlõik, mida võib kindlaks teha, kasutades selleks koostatud tabelleid.

Oletame, et elektriijaam, mis asetseb energia tarvitamise kohast 130 km kaugusel, annab edasi voolu võimsusega 33 000 kW. Milline peab olema juhe selle energia edasiandmiseks 110-voldise pingepuhul?

Et saata edasi 33 000 kW võimsust 110-voldise pingepuhul, peab juhtmes voolutugevus olema:

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

Kui juhtme ristlõige on 1000 mm², siis on lubatud koormatus ainult 1250 amprit.

Juhet ristlõikega 1000 mm^2 võib valmistada 10 cm laiuse ja 1 cm paksuse vask-latina. Uks 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 puhul olla 40 cm.

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

On selge, et sel viisil energia ülekanne on praktiliselt võimatu. Antud ülesandele tuleb otsida teist lahendust: on vaja leida viis, kuidas ülekantavat võimsust vähendamata vähendada ülekande-ahelas voolutugevust.

Uhte ja sama võimsust võib saada mitmesuguste voolutugevuste ja pingetega. Oletame, et mingiks 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 tugevusega I ja pingega U annab samasuguse võimsuse, kui vool tugevusega I_1 ja pingega U_1 , siis nende suuruste vahel peab olema järgmine sõltuvus:

$$IU = I_1U_1 \quad \text{või} \quad \frac{I}{I_1} = \frac{U_1}{U}$$

Teisiti öeldes, kui on vaja vähendada voolutugevust, jättes muutmata võimsuse, siis on tarvis tõsta pinget.

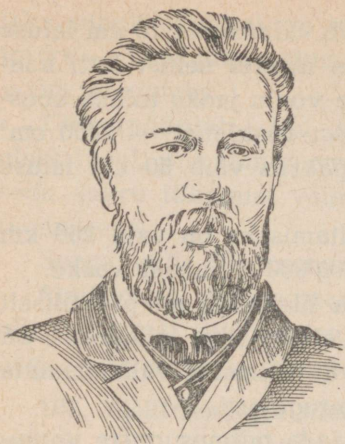
Nii toimitakse energia ülekandmisel.

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

Arvutame välja juhtme ristlõike, kui sama 33 000-kilovatist energiat kanda üle 110 000-voldise pingega all.

Sel juhul võrdub vool:

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



I. F. Ussagin (1855—1919).

Sellist voolu võib anda edasi vaskjuhtmega, mille ristlõige on 120 mm^2 . Nüüd on ristlõige 2000 korda väiksem kui esimesel juhul. Järelikult ka vaske on tarvis 2000 korda vähem.

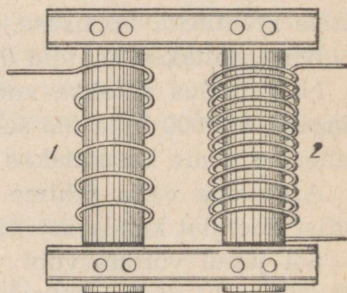
Seega on elektrienergia ülekandmine kaugel maa taha praktiliselt võimalik, kasutades kõrgepinget.

103. Transformaator. Riistu, mille abil mingi pingega vahelduvvool muudetakse teistsuguse pingega vahelduvvooluks, nimetatakse transformatoreiks.

Transformaatori leiutas 1882. a. Moskva ülikooli mehaanik-füüsik Ivan Filippovitš Ussagin, saades oma leiutuse eest diplomi, millele kirjutasid alla suured vene õpetlased K. A. Timirjazev ja N. J. Žukovski.

Tehniline transformaator (joon. 154) koosneb suletud raudsüdamikust, millele on paigutatud kaks isoleeritud traadist pooli 1 ja 2 erineva keerdude arvuga. Vahelduvvool, läbides pooli 1, magnetiseerib kogu aja südamikku, mille tagajärjel poolis 2 vaheldub perioodiliselt magnetiline väli ja tekib vahelduv pinge.

Mitu korda on transformatori pooli 2 keerdude arv suu-

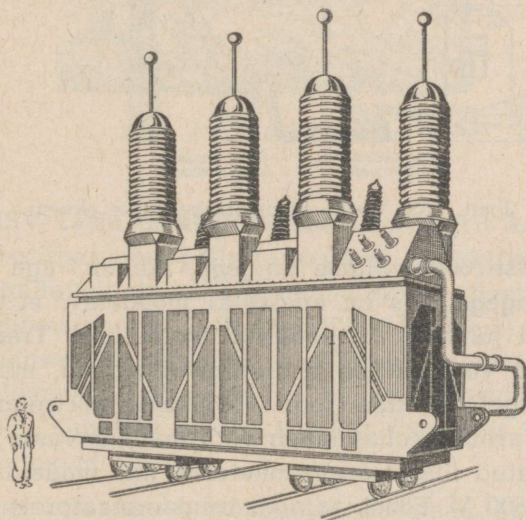


Joon. 154. Transformaator.

rem 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 madaldada, milleks kõrgema pingega vool on vaja tuua suurema keerdude arvuga pooli klemmidesse; väiksema keerdude arvuga pooli klemmides saame sel juhul madaldatud pingega voolu.

Tehnikas kasutatakse transformaatoreid nii pinge madaldamiseks kui ka tõstmiseks, kusjuures on kindlaks tehtud, et voolu võimsus, mis saadakse transformaatori sekundaar-sest poolist, on ligikaudu võrdne voolu võimsusega, mis saadetakse primaarsesse pooli¹. See tähendab: kui me transformaatori abil pinget tõstame, siis me vähendame sama palju korda voolutugevust.

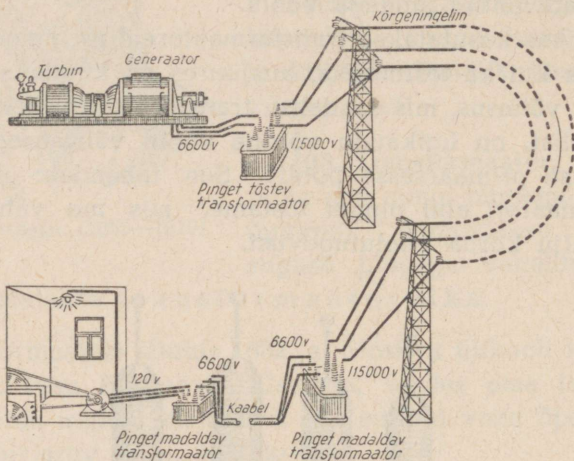


Suure võimsusega transformaatori üldvaade.

¹ Nüüdisaegsete võimsate transformaatoreite kasutegur on pea-aegu 99%.

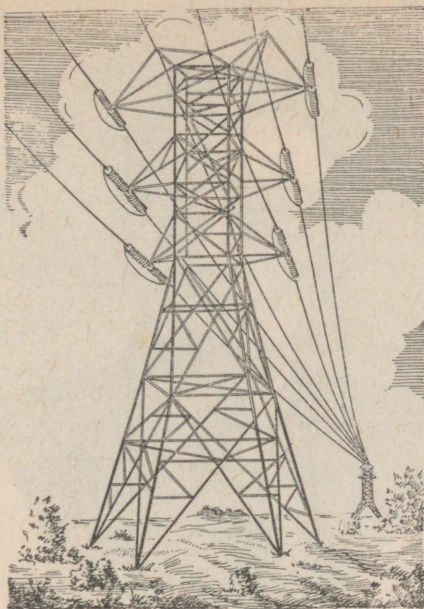
Sõna *transformaator* tähendab eesti keeles ümberkujunda ja. Transformaatorit kasutatakse selleks, et muuta pinget ja voolutugevust, jättes muutmata võimsuse.

104. Voolu tee jaamast tarbijani. Elektri jaamas generaatorite poolt toodetud vool läheb pinget tõstvasse transformaatorisse (joon. 155). Kuna harilikult vool läheb trans-



Joon. 155. Voolu transformeerimise skeem.

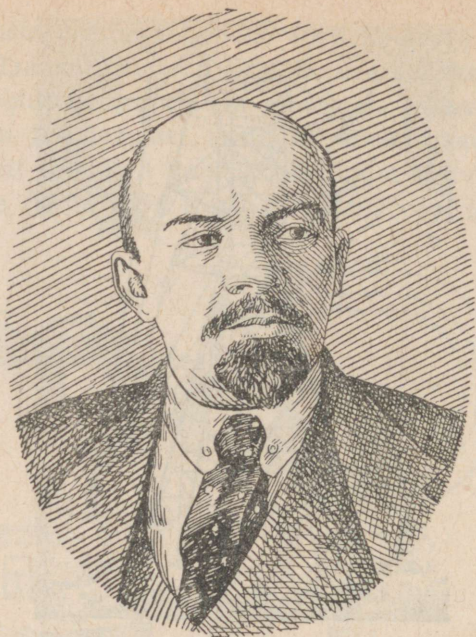
formaatorisse 6600-voldise pingega, lahkub aga 115 000-voldise pingega, siis on enesestki mõistetav, et sisse- ja väljaviivad juhtmed on hoolikalt isoleeritud. Transformaatorist läheb vool paljaid õhujuhtmeid mööda, mis on kinnitatud kõrgete postide (joon. 156) külge portselanisolaatorite abil. Tarbimiskohas läheb vool madaldavasse alljaama, kus on seatud üles transformaatorid, mis madaldavad pinget kuni 6600 V. Edasi, rajooni transformaatoris madaldatakse voolu pinget kuni 120 või 220 voldini. See vool läheb toitejuhtmetesse, mille kõrvaljuhtmed lähevad tarbijate voolumõõtjaisse.



Joon. 156. Kõrgepingeliin.

105. NSV Liidu elektrifitseerimine. Elektrit kasutatakse kõigis tööstusharudes, põllumajanduses (elektriviljapeksu-masinad, tuulajad, elektrilüps, loomatoitude sileerimine, linnude 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 üle kanda kauge maa taha hõlpsasti ja kasulikult.



V. I. Lenin.

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. veebruaris loodi elektrifitseerimisplaani väljatöötamiseks spetsiaalkomisjon, lühendatult ГОЭЛРО (Государственная комиссия по электрификации России — Venemaa Elektrifitseerimise Riiklik Komisjon).

ГОЭЛРО plaani järgi kavatseti ehitada 10—15 a. jooksul 30 rajooni-elektrijaama üldise võimsusega 1,5 milj. kW. V. I. Lenin ei elanud oma ideede täieliku kehastumiseni



J. V. Stalin.

meie maa elektrifitseerimisel. Kuid Lenini töö suure jätkaja, meie maa suure juhi J. V. Stalini juhtimisel on NSV Liidu elektrifitseerimisplaan mitte ainult teostatud, vaid ka ületatud. Juba 1932. a. moodustas rajoonide elektrijaamade võimsus 2,9 miljonit kilovatti. Teise viisaastaku jooksul kasvas elektrijaamade võimsus 8,1 milj. kilovattini. NSV Liidu rahvamajanduse taastamise ning arendamise viie aasta plaani järgi 1946. — 1950. a. peab elektrijaamade võimsus 1950. aastaks ulatuma 22,4 milj. kilovattini. Rajoonides, mis olid saksa okupatsiooni all, purustasid fašistid kõik elektrijaamad, nende hulgas Nõukogude Liidu suurima jaama — Dnepri Lenini-nimelise jaama. Nüüd on ena-

mik neist jaamadest, nende hulgas ka Dnepri Lenini-nimeline jaam, taastatud ning käiku lastud.

Intensiivselt edeneb mitte üksnes tööstusrajoonide, vaid ka põllumajanduse elektrifitseerimine.

Nõukogude Liidus on juba nüüd oblasti, mis on tervenisti elektrifitseeritud, ja edaspidi nende arv suureneb üha.

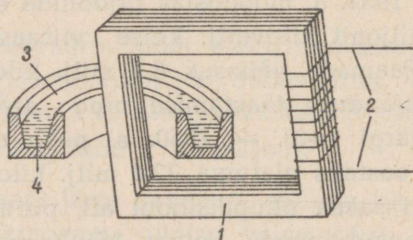
1946.—1950. a. viie aasta plaanis pööratakse erilist tähelepanu väikese ja keskmise võimsusega jaamade ehitamisele, alates mõnekümnest kilovattist kuni 500 või 1000 kilovattini. Üksi väikese ja keskmise võimsusega hüdroelektrijaamu (elektrijaamu, mis kasutavad vee energiat) ehitatakse 1950. a. üldvõimsusega 1 000 000 kilovatti.

Selliste jaamade tähtsus põllumajanduses ja kohalikus majanduses on väga suur, samuti nagu nende kultuurilinegi tähtsus.

Harjutus 35.

1. Miks elektrienergia ülekandel kaugel maa taha on ökonoomsem kasutada kõrgepinge voolu?

2. Transformaatori primaarmähisel on 500 keerdu, sekundaarmähisel aga 5000. Primaarmähise pingeline on 220 volti. Milline on pingeline sekundaarmähises? Milline on voolutugevus transformatori primaar- ja sekundaarmähises, kui liini mööda antakse edasi energiat võimsusega 11 kilovatti?



Joon. 157.

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

4. Joonisel 157 on kujutatud induktsioonelektri-sulatusahju skeem. Sulatusahi on transformaator, kus primaarmähis 2 koosneb juhtme keerdudest. Sekundaarmähise asemel on transformaatori 1 südamikule pandud rõngastiigel 3 metalliga 4. Voolu laskmisel primaarpooli tõuseb voolutugevus, mis saadakse tiiglis, sellise kõrguseni, et soojus, mida tekitab vool, sulatab metalli.

a) Arvutada, millise soojuse hulga saab metall igas sekundis, kui primaarmähisesse juhitakse vool võimsusega 100 kilovatti ja kui kogu seadise kasutegur on 80%.

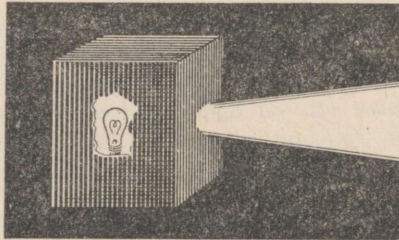
b) Arvutada sekundaarmähise voolutugevus, kui primaarmähise keerdude arv on 500 ja tema pinge on 2000 volti.

VALGUS.

X peatük.

VALGUSE LEVIMINE.

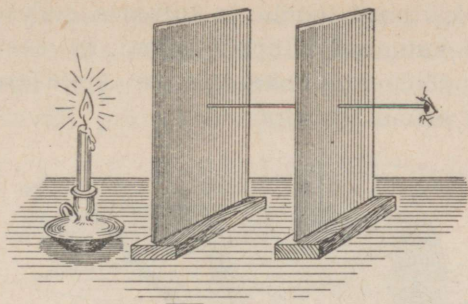
106. Valguse sirgjooneline levimine. Võtame üsna heleda valgusallika (elektri- või petrooleumilambi) ja katame lambi kastiga, milles on väike ava (joon. 158). Avast tulevate kiirte teele laseme suitsu. Me näeme selgesti, et suitsu valgustavate kiirte tee on sirgjooneline.



Joon. 158.

Sama täheldame, kui päikese valguskiired tungivad läbi allalastud aknakatete augukeste ja valgustavad oma teel toa õhus leiduvaid tolmukübemeid.

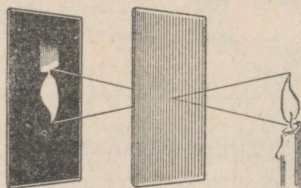
Võtame kaks läbitorgatud augukestega kartongi ja asetame need teineteisele paralleelselt silma ja mingi hästi valgustatud eseme, näiteks akna või lambi vahele. Me



Joon. 159.

näeme eset läbi kahe ava ainult siis, kui silm, mõlemad avad ja ese asetsevad ühel sirgel (joon. 159).

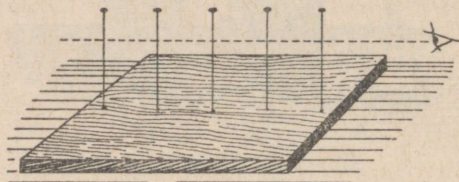
Asetame väikese avaga kartongi küünla lähedale, selle taha aga mõningal kaugusel paberilehe või kartongi; saame ekraanil mitte lihtsa valguslaigu, vaid valgustatud eseme kujutise (joon. 160). Kuidas seda seletada? Vaatleme val-



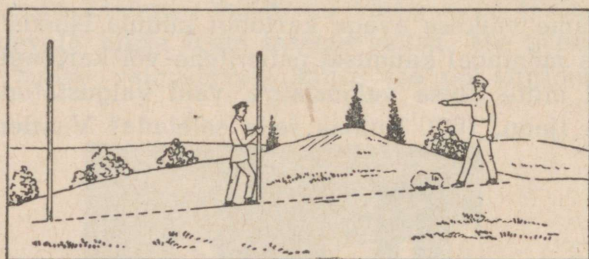
Joon. 160. Kujutise saamine väikese ava abil.

guse kiirte käiku eseme kõigist punktidest. Igast valgustatud punktist saadakse oma täpik ja kõik täpikesed asetuvad nii, et annavad eseme kujutise. Pole raske näha, et kujutis on vastupidine. Kui ava on küllalt suur, siis ühtede punktide täpid katavad teisi ja ähmastavad kogu kujutise. Mida väiksem on ava, seda selgem (teravam) on kujutis, kuid see-eest kahvatum, sest läbi väiksema ava läheb vähem valgust.

Asetame kartongi lauale ja torkame sellesse üksteise järele teatud kaugusel nõõpnõelad nii, et asetades silma esimese nõõpnõela ette, näeksime, et ülejäänud nõõpnõelad kattuvad esimesega (joon. 161).



Joon. 161. Sirgjoone tähistamine nõõpnõeltega.

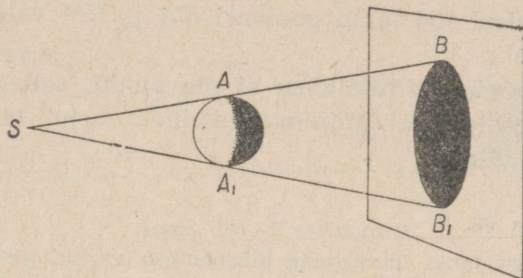


Joon. 162. Sirgjoone tähistamine põõllul.

Asetanud joonlaua tähendatud nõõpnõelte kõrvale, veendume, et kõik asetsevad ühel sirgel. Samal viisil tähistatakse sirgjooni maapinnal maamõõdu tööde juures (joon. 162), asetades järjest üksteist varjavaid mõõdulatte.

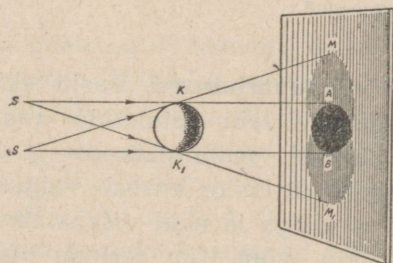
Kõige vaadeldu alusel võime öelda, et valgus levib sirgjooneliselt. Seejuures tuleb silmas pidada, et antud juhul levib valgus ühes ja samas keskkonnas (näiteks õhus). Edaspidi näeme, et valgus, minnes ühest keskkonnast teise, muudab oma suunda. Seepärast võib täpsemalt öelda nii: ühes ja samas keskkonnas levib valgus sirgjooneliselt.

107. Vari ja poolvari. Kui taskulambist tulevate valguskiirte teele asetada mingi läbipaistmatu keha (joon. 163), selle taha aga valge kartongileht (ekraan), siis näeme ekraanil teravalt piiritletud ümmargust varju. Kui ühe



Joon. 163. Varju tekkimine.

lambi asemel asetada kõrvuti kaks või kui võtta üks hari-lik elektrilamp (joon. 164), siis näivad varju ääred tunduvalt ebaselgemaina.



Joon. 164. Poolvarju tekkimine.

See on seletatav valguse sirgjoonelise levimisega. Kui valgusallikas on väga väike, s. o. kui ta kujutab enesest peaaegu helendavat täppi, siis, nagu näitab joonis 163, piiritlevad sirged AB ja AB_1 valgust varjust teravalt. Kui aga valgusallikas ise võtab enda alla teatud ruumi, siis lähtu-

vad kiired igast tema punktist ja vari tekib joonte KA ja K_1B_1 vahel (joon. 164), kuhu ei satu valgusallika ühegi punkti kiired. Selle ümber on kohad, kuhu allika ühtede punktide kiired satuvad, teiste omad aga mitte. Selle tulemusena on vari ümbritsetud heledama alaga — poolvarjuga. Joonisel 164 tekib poolvari KA ja KM vahel; K_1B ja K_1M_1 vahel.

Ükski meie valgusallikas ei ole punkt, sellepärast on varju piiril alati järkjärguline üleminek varjult ekraani valgustatud osale.

Harjutus 36.

1. Kas saadakse ühesuguste piirjoontega varjud pliiatsist, mida hoitakse hõõglambi niidiga kord paralleelselt, teinekord risti?

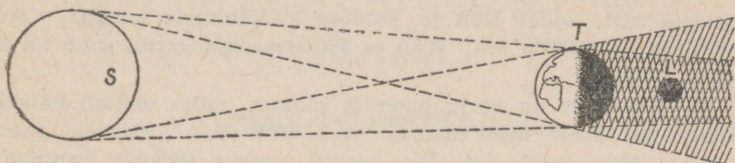
2. Mis alusel võime võrrelda esemete kõrgust päikese valguses heidetud varju pikkuse järgi?

3. Vertikaalselt paigutatud 1,5 m kõrgune kepp heidab enesest 2 m pikkuse varju. Vabriku korsten heidab enesest samal ajal 50-meetrise varju. Kui kõrge on vabriku korsten?

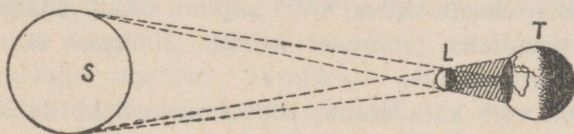
4. Millise nurga all paistab Päike, kui eseme varju pikkus on võrdne eseme kõrgusega?

108. Päikese- ja kuuvarjutused. 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 sattuda 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 tasapind, milles liigub Kuu, on selle tasapinnaga, milles liigub Maa, veidi kaldu (5°). Varjutuseks on vajalik sel-

line kokkusattumine, et Kuu tuleks nende pindade lõikumisjoonele just noor- või täiskuu momendil. Kuuvarjutuse ajal satub Kuu varju koonusesse, mille heidab Maa (joon. 165), päikesevarjutuse (joon. 166) ajal satub Kuu poolt heidetud varju koonus Maale. Maa on siis nagu ekraan. Maa



Joon. 165. Kuuvarjutus.



Joon. 166. Päikesevarjutus.

neis kohtades, kuhu sattus täisvari, on nähtav Päikese täisvarjutus; poolvarju kohtades kaetakse kinni ainult osa Päikesest ja toimub osaline varjutus, Maa teistes kohtades 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 korraldada mitmesuguseid teaduslikke vaatlusi ning mõõtmisi. Päikese täisvarjutus pakub haruldast juhust vaadelda Päikese välisosi, mis harilikult pole nähtavad Päikese pinna silmipimestava sära tõttu.

Päikesevarjutused ajasid hirmu peale ebauslikele ja harimatuile inimestele, vaimulikkond aga kasutas seda oma

huvides, spekulcerides rahva pimedusega. Varjutuste tõeliste põhjuste tundmine nagu teistegi loodusnähtuste tundmine ja oskus neid seletada annavad meile kätte parima relva võitluses ebausuga.

Harjutus 37.

1. Määrata varju koonuse pikkus, mille heidab enesest Kuu noorkuu ajal, millal Kuu ja Päikese keskkochtade kaugus võrdub ligikaudu 150 000 000 km. Kuu ja Päikese diameetrite suhe on ligikaudu 1 : 400.

2. Kui suur on varju koonuse pikkus, mille tekitab Päikesest valgustatud Maa? Maa raadius $R_1 = 6370$ km. Päikese raadius $R_2 = 110$ Maa raadiusega. Maa tsentri kaugus Päikese tsentrist on ligi 23 900 Maa raadiust.

109. Valguse kiirus. Oli aeg, millal arvati, et valgus levib silmapilkselt. Alles XVII sajandi lõpul määrati esmakordselt kindlaks valguse kiirus. Ilmnes, et see on 300 000 km sekundis.

Valgus võib käia ümber Maa umbes 8 korda sekundis, seepärast niisugustes 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 sekundis.

300 000 km sekundis — see on valguse kiirus tühjuses (vaakumis). 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 õhus.

Mida väiksem on valguse levimiskiirus keskkonnas, seda optiliselt tihedam on see keskkond.

XI peatükk.

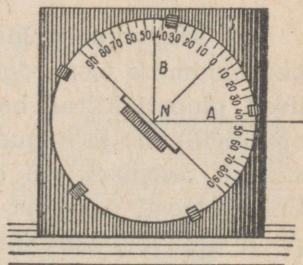
VALGUSE PEEGELDUMINE.

110. Valguse peegeldumise seadused. Lastes peeglile päikesekiiri, võib saada valguse peegelduslaigu. Valguse peegelduslaik tekkis päikesekiirte peegeldumise tõttu peeglit. Muutes peegli asendit kiirte suhtes, muudame me ka peegelduslaigu asendit. Järelikult peegelduvate kiirte suund sõltub langevate kiirte suunast.

Et selgitada, kuidas toimub valguse peegeldumine, teeme katse.

Võtame tasapinnalise klaaspeegliks ja kinnitame ta külge ristiseisva osuti *N* (joon. 167). Hoides selle peegliks kiirte teel nii, et kiired langeksid peeglile ristjoone aluse punktis *N*, pöörame tähelepanu sellele, kuidas peegeldub kiir peeglit.

Võrdleme nurki, mida moodustavad langevad ja peegelduvad kiired ristjoonega. Nurka *ANO*, mis on langeva kiire ja langemispunkti peeglile püstitatud ristjoone vahel, nimetatakse langemisnurkaks. Nurka *BNO*, mis on



Joon. 167.

peegeldunud kiire ja sama ristjoone vahel, nimetatakse peegeldumisnurgaks.

Peab tähendama, et kõik kolm suunda — langeva kiire, peegli ristjoone ja peegelduva kiire suund — asuvad ühes tasapinnas. Tehes katset mitu korda, veendume, et igal langemisnurga muutumisel muutub ka peegeldumisnurk. Mõõtes igakord ühte ja teist nurka, me võime kindlaks teha, et nad on alati teineteisega võrdsed.

Seega toimub valguse peegeldumine järgmiste seaduste järgi:

1. *Langev kiir ja peegeldunud kiir asuvad ühes tasapinnas kiire langemispunktis peegliplanele tõmmatud ristjoonega.*

2. *Langemisnurk võrdub peegeldumisnurgaga.*

Harjutus 38.

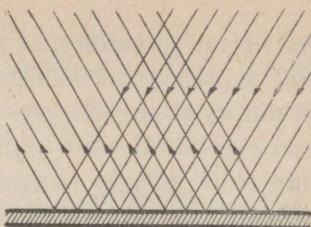
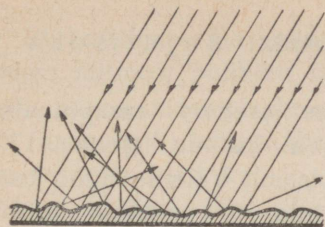
1. Kuidas peegeldub kiir, mis langeb peeglile risti?

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?

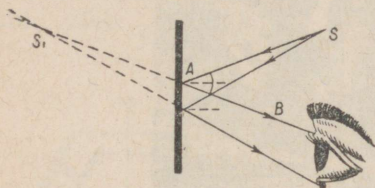
111. Hajuv peegeldumine. Teades, kuidas toimub kiirte peegeldumine tasapeeglit, võib selgitada, mispärast krobeliselt pinnalt kiired hajuvad igale poole. Krobeline pind oma mõhkade ja nõgudega peegeldab kiiri igas võimalikus suunas. Joonisel 168 on ta kujutatud suurendatud kujul. Eriti selgesti on näha, kuidas sellelt pinnalt kiired igale poole hajuvad, kui pinnale 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 kiired igalt pinna osalt igale poole ei haju ja me näeme mitte peeglit, vaid valgusallika kujutist.



Joon. 168. Valguse hajuv peegeldumine ja peegeldumine siledalt peeglit.

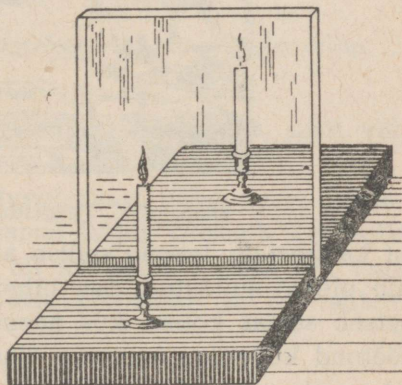
112. Tasapeegel ja selle kasutamine. Vaadeldes eseme kujutist tasapeeglis, näeme me seda kujutist peegli taga, s. o. seal, kus eset tõepoolest pole. Kuidas on see võimalik?



Joon. 169. Valguspunkt ja selle kujutis.

meie silma. Kiir SA , peegeldudes peeglit, läheb AB suunas. Vaadates kiire suunas, näeme valgusallikat mitte punktis S , vaid punktis S_1 , mis asub peegli taga. See punkt ei ole too tõeline punkt, kust valgus lähtus. See-

Langegu peeglile valguskiired (joon. 169), mis peegeldudes sealt, satuvad



Joon. 170. Küünla peegeldus klaasis.

pärast teda nimetatakse tolle punkti kujutiseks ja nimelt e b a kujutiseks.

Kinnitame alusele vertikaalses asendis tasapinnalise klaasi. Asetanud selle ette põleva küünla (joon. 170), näeme selle küünla peegeldust klaasil. Võtame nüüd teise samasuguse, kuid süütamata küünla ja asetame teisele poole klaasi. Nihutades seda klaasile lähemale või klaa-



Joon. 171. Peggeldumine peeglis.

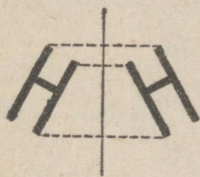
sist kaugemale, leiame sellise asendi, kus ka teine küünal näib olevat süüdatud. See tähendab, et süütamata küünal asetseb samas kohas, kus näeme põleva küünla kujutist. Mõõtnud küünalde kauguse klaasist, veendume, et kaugused on ühesugused.

Eseme kujutis tasapeeglis näib asetsevat peegli taga samal kaugusel, nagu ese ise on peegli ees (joon. 171).

Et konstrueerida eseme kujutist tasapeeglis, on vaja eseme mitmest punktist lasta ristjooned peeglile ja pikendada neid samasugusele kaugusele peegli taha (joon. 172).

Tasapeeglit kasutatakse laialt mitte ainult igapäevase elu tarbeks vaid ka mitmesuguste riistade valmistamisel.

Väga tähtsat rakendamist leiavad peeglid riistas, mida nimetatakse periskoobiks. Periskoobi abil võib vaenlast



Joon. 172. Kujutise ehitamine tasapeeglis.



Joon. 173. Kaevikuperiskoop.

jälgida kaevikust või mõnest muust varjendist, sealt välja tulemata.

Periskoobi abil võib allveelaevast näha, mis tehakse merepinnal. Periskoop lihtsamal kujul koosneb 2 peeglist, mis on asetatud 45° nurga all horisondi suhtes, on teineteisega paralleelsed, erinevatel kõrgustel ja on suletud torusse (joon. 173).

Harjutus 39.

1. Miks autos juhi ette kinnitatakse teatud nurga all tasapeegel?

2. Ehitage periskoop, kasutades periskoobi toruks vineeri või tihedat kartongi?

3. Missuguselt paberilt on silmal parem lugeda kirja, kas läik- või mattpaberilt? Seletage, mispärast.

4. Mispärast, vaadates päeval tänavalt toaknasse, on raske näha toas olevaid esemeid, samal ajal kui toast on hästi näha, mis toimub tänaval?

5. Millega seletada, et inimese nägu, kes vaatab läbi tiheda võrgu, pole näha, samal ajal kui see inimene ise näeb läbi võrgu kõiki esemeid hästi?

6. Mispärast lumi säätendab?

7. Mispärast ümbritsetakse elektrilampe eluruumis tuhmvalge abazuuriga?

8. Mispärast on klaas harilikult läbipaistev, aga niipea kui teda hõõruda smirgliga, muutub ta läbipaistmatuks?

9. Joonisel 173 on kujutatud periskoop, mida kasutatakse sõja ajal vaenlase vaatlemiseks kaevikust. Joonistada valguskiirte käik periskoobis.

113. Peegeldumine nõguspeeglit. Õhtul pimestab meid vastutulev auto oma heledate tuledega.

Prožektor viskab kaugele võimsa valgusvihu, mis valgustab heledalt kõike, mis satub selle valgusvihu teele.

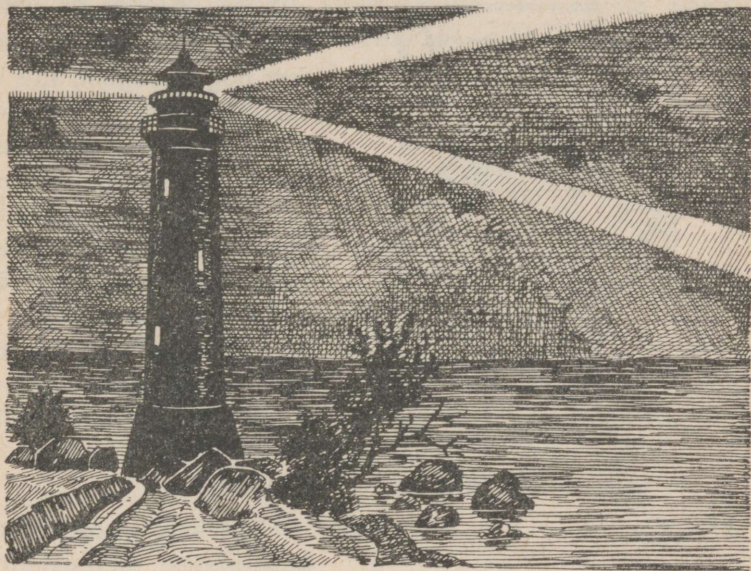
Joonisel 174 on näidatud võimas tuletorn, mis saadab valgusvihke kümnete kilomeetrite kaugusele orienteerumiseks meremeestele¹.

Kõigil neil ja paljudel teistel juhtudel toimub valguse saatmine ruumi nõguspeegli abil, mille ees asetseb valgusallikas. Pöörame nõguspeegli Päikesese poole. Me näeme, et peeglile langevad päikesekiired koonduvad ühte punkti (joon. 175). Seda punkti nimetatakse peegli fookuseks. Kiiri, mis tulevad kaugelt Päikeselt, võib pidada paralleelseiks. Järelikult, kui nõguspeeglile lange-

¹ *Orientatsioon, orienteerumine* (lad.) — asukoha määramine mingi teise punkti suhtes.

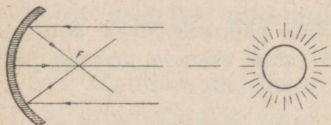
vad kiired paralleelse kimbuna, siis koonduvad nad fookusesse.

Umberpöördult, kui asetada valgusallikas (valguspunkt) nõguspeegli fookusesse, siis peegeldab peegel kiiri paralleelse kimbuna (joon. 176).

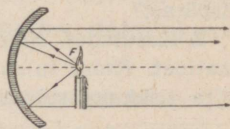


Joon. 174. Prožektori kiired.

Viimane asjaolu leiab kasutamist kõigis valgustajais, mis on määratud selleks, et suunata valgust teatud üksik-kohta ilma valguse tunduva nõrgenemiseta. Nii ehitatakse



Joon. 175.

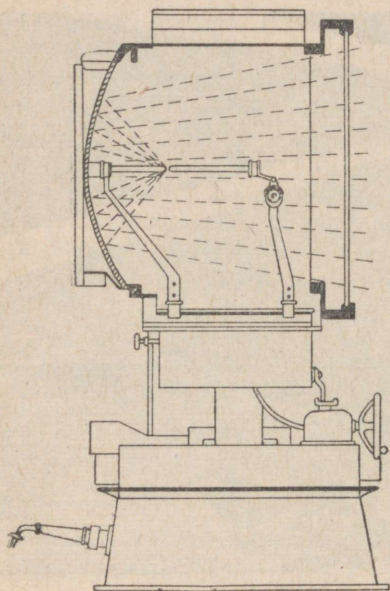


Joon. 176.

valgustajaid autolaternais (esilaternais), projektsiooni-, tasku- jm. laternais. Igaühes neist on valgusallika taga nõguspeegel ehk, nagu seda nimetatakse, reflektor¹.

Eriti suurt tähtsust omab see aga võimsate prožektorite ehitamisel (joon. 177). 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 ruumala 10—12 km kaugusele, näha aga võib teda silmaga, mis on suunatud kiirtele vastu, 75 ja enam kilomeetri kauguselt.



Joon. 177. Prožektor.

Harjutus 52.

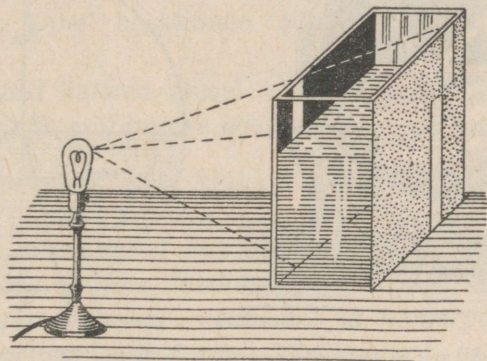
1. Kui suvisel päikesepaistelisel päeval juhtida nõguspeeglit peegeldunud päikesekiired paberile, siis hakkab paber põlema. Mispärast?

2. Kasutades suurt nõguspeeglit, võib päikesekiirtega sulatada plaatinat. Kuhu tuleb peegli suhtes sel juhul asetada plaatinatükk, et ta hakkaks sulama?

¹ Reflektor tähendab peegeldaja.

VALGUSE MURDUMINE.

114. **Valguse murdumise mõiste.** Võtame nelinurkse klaasnõu või lamedate külgedega pudeli. Uhele tahule kleebime õlitatud paberi, vastastahule — musta paberi, mille keskele teeme kitsa vertikaalse pilu (joon. 178). Kui



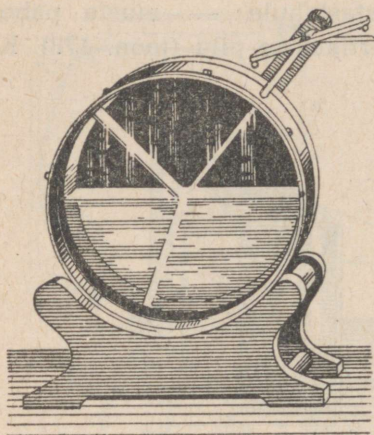
Joon. 178. Murdumine vees.

musta paberiga kaetud tahu poole paigutada lamp või küünel nii, et valgus langeks anuma tahule kaldu, siis saame õlitatud paberil valgustatud riba, mille asendi järgi võib otsustada valguse kiire suuna üle anumast.

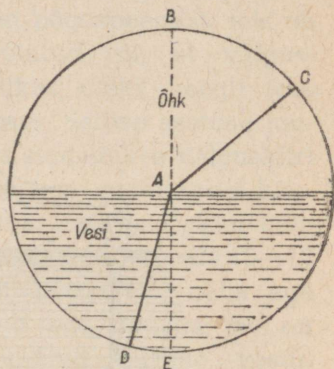
Valanud anumasse poolest saadik vett, märkame, et alumine valgusriba, kus valgus läheb läbi vee, on oma endisest asendist nihkunud teisale, lähenedes tahu kesk-kohale.

See tõendab, et ühest keskkonnast teise minnes ei jää kiir sirgjooneliseks, vaid murdub kahe keskkonna piiril.

Eriti hästi võib vaadelda kiirte käiku, kui kasutada riista, mis on kujutatud joonisel 179. Riista ülemises osas läheb kiir läbi õhu, alumises aga läbi vee. Õhku veest eraldaval piiril peegeldub kiir osaliselt, osaliselt läheb vette, muutes järsult oma suunda.



Joon. 179. Riist valguskiire murdumise uurimiseks vedelikes.



Joon. 180. Valguskiire murdumisseaduste juurde.

Kui kujutella sirget, mis läbib punkti A , olles risti vee-pinnaga, siis ilmneb, et valguskiir CA muudab üleminekul õhust vette suunda, lähenedes ristjoonele (kiir vees) (joon. 180).

Nurka CAB langeva kiire AC ja ristjoone AB vahel nimetatakse langemisnurgaks. Nurka DAE murdunud kiire AD ja sama ristjoone pikenduse AE vahel nimetatakse murdumisnurgaks.

Kui valguskiire üleminekul õhust mingisse teise kesk-konda murdumisnurk on väiksem langemisnurgast, siis

loetakse seda teist keskkonda õhu suhtes optiliselt tihedamaks.

Järgnevalt on optilise tiheduse vähenemise järjekorras näidatud rida aineid: teemant, väävelsüsinik, kivisool, klaas (kerged sordid), piiritus, vesi, õhk.

Katse näitab, et kui valguskiir läheb veest õhku *DA* suunas (joon. 180), siis väljudes veest punktis *A* läheb ta õhus *AC* suunas. Murdumisnurk *CAB* on sel puhul langemisnurgast suurem. Järelikult valguskiir, tulles optiliselt tihedamast keskkonnast õhku kaldub kõrvale kiire langemispunktis kahe keskkonna piirpinnale tõmmatud ristjoonest.

Sooritatud katsete alusel võib määrata kindlaks järgmised valguse murdumise seadused:

1) Üleminekul ühest keskkonnast teise kaldub kiir oma esialgsest suunast kõrvale — murdub.

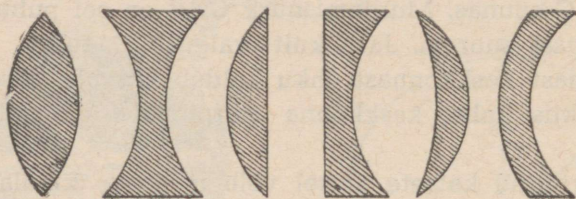
2) Kiire üleminekul optiliselt vähem tihedast keskkonnast suurema optilise tihedusega keskkonda, on murdumisnurk langemisnurgast väiksem, ja ümberpöörduvalt, üleminekul optiliselt tihedamast keskkonnast optiliselt hõredamasse keskkonda eemaldub murdunud kiir ristjoonest, mis on tõmmatud kahe keskkonna piirpinnale, — murdumisnurk on langemisnurgast suurem.

3) Langev ja murduv kiir on ühel tasapinnal ristjoonega, mis on tõmmatud kiire langemispunktist.

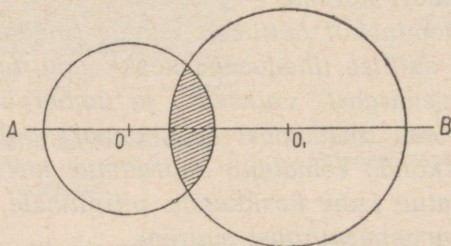
115. Läätsed. Läätsedeks nimetatakse mitmesuguseid lihvitud klaase, mis on piiratud kõverate — kumerate või nõgusate pindadega. Joonisel 181 kujutatud läätsed 1, 3 ja 5 on kumerad läätsed, 2, 4 ja 6 aga nõgusad läätsed. Kumeral läätsel väliseks iseloomustavaks tunnuseks on, et ta äärtest keskkoha poole pakseneb, nõgusatel aga — ümberpöörduvalt.

Joont AB , mis läbib läätse piiravate sfääriliste pindade keskpunkte O ja O_1 , nimetatakse läätse optiliseks teljeks (joon. 182).

Kinnitanud kaksikkumera silindrilise läätse valge matt-paberiga kaetud lauale, laseme läätsele kimbu kiiri, mis on paralleelsed läätse optilise teljega.



Joon. 181. Läätsede mitmesugused kujud.

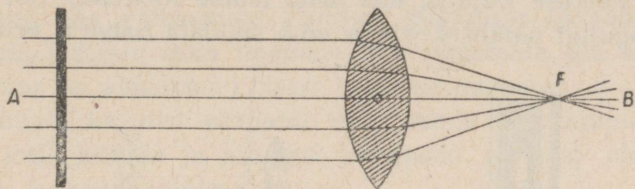


Joon. 182. Optiline telg.

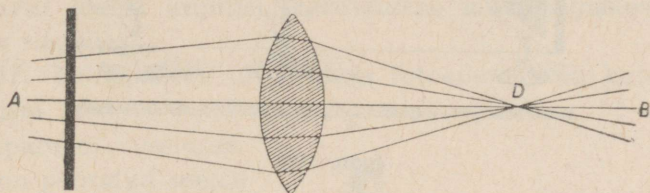
Näeme, et kiired läätsest läbi minnes ei jää paralleelseiks, vaid murduvad ja koonduvad läätse optilisel teljel ühte punkti (joon. 183). Nimetame punkti F , kuhu koonduvad optilisele teljele paralleelsed kiired pärast läätsest läbiminekut, läätse peafookuseks.

Kaugust läätse keskpunktist kuni peafookuseni nimetatakse fookuse kauguseks.

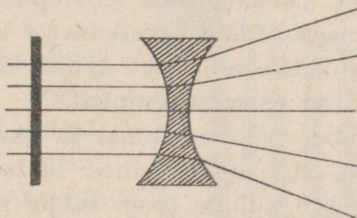
Laseme läätsele mõned kiired, mis pole läätse teljega paralleelsed ja tulevad peafookuse taga asetsevast valgusallikast. Need kiired murduvad läätsest läbi minnes täpselt samuti ja koonduvad punkti D , mis ei ühti läätse peafookusega (joon. 184).



Joon. 183. Läätse peafookus.



Joon. 184. Koondav lääts.



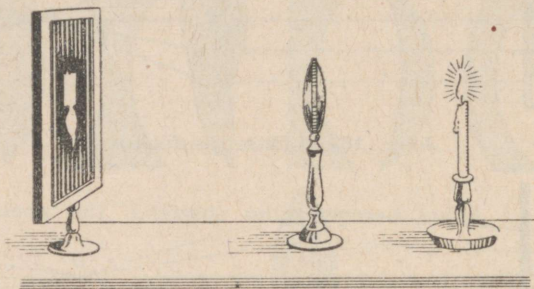
Joon. 185. Hajutav lääts.

Kumerlääts koondab kiiri, mispärast teda nimetatakse ka koondavaks läätseks.

Kiirte läbiminekul nõgusast läätsest näeme teistsugust pilti.

Milline ka oleks nõgusale läätsele langevate kiirte suund, läätsest väljaminekul on nad hajuvad (joon. 185). Nõgusaid läätsi nimetatakse hajutavaiks läätsedeks.

116. Koondav lääts. Laseme Päikeselt langevad kiired läbi kumerläätse. Läätse teisel küljel tekib hele, kuid väga väike Päikese kujutis, mis asub läätse fookuses. Sel kombel kogutud päikesekiirtega võib süüdata paberit, eriti siis.



Joon. 186.

kui kiired pole tulnud läbi aknaklaasi ja kui valge paberi asemel võtta must. Tuleb juhtida tähelepanu sellele, et kiired tulevad Päikeselt Maale paralleelsete kimpudena.

Kaksikkumeri läätse abil võib saada ekraanil helendavate või valgustatud esemete kujutisi.

Paigutades ümber põleva küünla ja ekraani vahel kaksikkumerat läätse, võib leida sellise läätse asendi, mille juures ekraanil tekib küünla leegi selge, kuid ümberpööratud kujutis (joon. 186).

Kui läätse lähendada küünlale, siis et saada ekraanil küünla kujutist, tuleb ekraan nihutada edasi. Kujutis seejuures suureneb, kuid jääb ümberpöörduks. Mida lähemale paneme läätsele küünla, seda kaugemale tuleb viia ekraan ja seda suurem tekib kujutis.

Peab tähendama, et künula suurendatud kujutiste saamiseks ei või künalt lähendada läätsele liiga lähedale. Kui künal asetseb kaugusel, mis on väiksem kui läätse fookusekaugus, siis ei saa meie ekraanil mingisugust kujutist, kui kaugele meie ekraani ka lükkaksime.

Vastupidi, nihutades läätse künlast eemale, saame ekraanil üha väiksemaid kujutisi, kusjuures ekraani tuleb asetada läätsele ikka ligemale, ent minemata üle kaugustele, mis on väiksemad läätse fookusekaugusest.

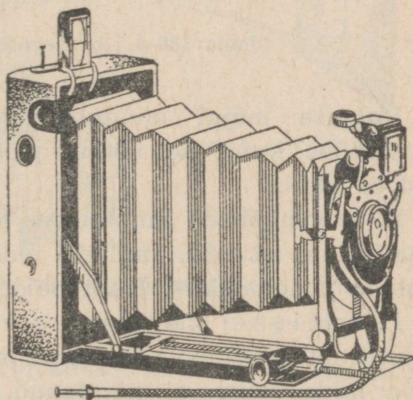
Künula kujutist ekraanil võib saada iga kumerläätse abil, kuid künula ja ekraani kaugused läätsest olenevad läätse fookusekaugusest.

Koondava läätse omadust anda tema ees asetsevaist esemeist tõelisi kujutisi, kasutatakse mitmesugustes optilistes riistades.

117. Fotoaparaat. Nüüdisaja fotoaparaat on kujutatud joonisel 187.

Aparaadi esiosas, mis on pööratud eseme poole, millest soovime saada kujutist, on objektiiv¹.

Aparaadi tagaseinas on mattklaas. Lõõtsa abil võib seada objektiivi aparadi mattklaasist sellisele kaugusele, et mattklaasil tekib terav ümberpööratud kujutis esemest, millele on suunatud objektiiv.



Joon. 187. Fotoaparaat.

¹ Objektiiviks optilistes riistades nimetatakse koondavate läätsede süsteemi, mis on pööratud objekti — eseme poole.

Ulesvõtte tegemisel asetatakse aparaati mattklaasi asemel lame kaanega kastike — kassett, milles on valgustundliku kihiga kaetud klaasplaat.

Kui avada aparaadisse paigutatud kasseti kaas, siis ülesvõetava eseme kujutis, mis enne saadi mattklaasil, tekib nüüd valgustundlikul kihil.



Joon. 188-a, -b. Negatiiv ja positiiv.

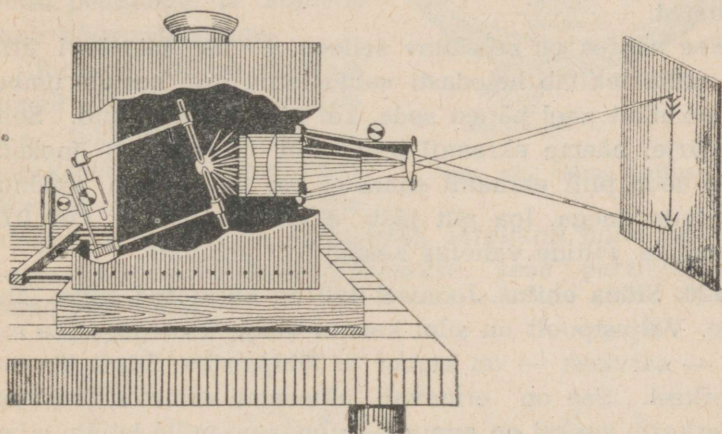
Valguse mõjul muutub valgustundlikus kihis olev broomhõbe, kuigi me, võtnud plaadi kassetist, mingit muutust ei märka.

Et broomhõbeda muutumist nähtavaks teha, on vaja plaati ilmutada, milleks teda tuleb keemiliselt ümber töötada pimekambris. Plaat paigutatakse erilisse lahusesse — ilmutisse; siis saadakse valgustundlikus kihis must kujutis, mis koosneb taandunud metalsest hõbedast. Broomhõbe, mida valgus ei mõjutanud, ei taandu ja eemaldub kihist lahustudes hüposulfiti lahuses. Pärast sellist töötlemist pestakse plaat puhta veega ja kuivatatakse. Pärast kuivamist saadakse edasiseks töötlemiseks valmis nega-

tiiv, kus eseme heledad kohad on tumedad, eseme tumedad kohad aga heledad (joon. 188-a).

Et saada positiivi, s. o. pilti, kus tumedad ja heledad kohad oleksid paigutatud 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 (joon. 188-b).

118. Projektsioonilatern. Fotoaparaadi mattklaasil saame kaugel eseme vähendatud kujutise (joon. 189). Projektsioonilaterna abil aga saame laternast eemal seisval ekraanil



Joon. 189. Projektsiooniaparaat.

nil väikestest, heledasti valgustatud piltidest suurendatud kujutised. Selleks asetatakse läbipaistev pilt — diapositiiv — objektiivi taha kaugusele, mis on fookuskaugusest veidi suurem. Pildi taha asetatakse tugev valgusallikas; selle kiired, minnes läbi läätsede süsteemi, mida nime-

tatakse kondensoriks¹, valgustavad ühtlaselt projitseeritava pildi kogu pinda.

Ekraanil tekib suurendatud ümberpööratud kujutis.

119. Kino. Kinopildid, millel näeme liikuvaid esemeid, tekitatakse ekraanile samasuguse projektsioonilaternaga nagu liikumatud pildidki, ainult selle vahega, et üksiku pildi kujutis jääb ekraanile väga lühikeseks ajaks. 1 sekundi jooksul vahetub ekraanil 25 pilti, milledes igaühes liiguvad esemed võtavad uue, eelmisest vähe erineva asendi. Iga pildi vahetusel objektiiv suletakse, nii et ekraan jääb selleks ajaks pimedaks; mulje ülesvõtteist vaheldub katkestamatult ja meie tajume sel kombel esemete pidevat liikumist.

See nähtus on seletatav sellega, et nägemisnärvilise ärritus, mille tekitab heledasti valgustatud ese, kestab umbes 0,1 sekundit veel pärast seda, kui pilt on kadunud. Selle tagajärjel näeme ekraanil pilti veel 0,1 sekundi jooksul, kuigi seda pilti ekraanil enam ei ole ja see on jõudnud vahetuda uuega. Iga pilt jääb ekraanile vähem kui 0,04 sekundiks. Piltide vahetus kestab 0,01 sekundit.

120. Silma ehitus. Joonisel 190 on kujutatud silma läbilõige. Väljastpoolt on silm kaetud valge kestaga, selle esiosa — sarvkest — on kumer ja läbipaistev. Edasi järgneb vikerkest. See on erinevail inimestel erinevat värvust. Vikerkesta keskel on avaus — silmaava, mille kaudu silma pääseb valgus. Silmaava suurus muutub: kui on hele valgus, siis silmaava on väike, vastupidi, nõrgas valguses silmaava suureneb. Need muutused toimuvad inimese tahte osavõtuta — automaatselt.

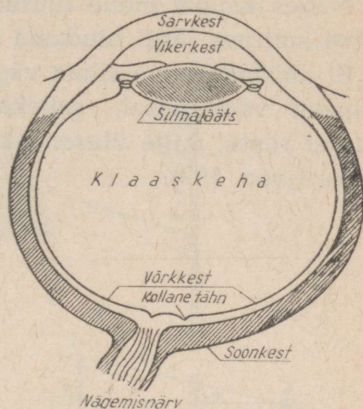
Silmaavale järgneb läbipaistev, läätsetaoline keha — silmalääs, mis täidab sama ülesannet nagu fotoaparaadi

¹ *Condensare* ladina keeles tähendab tihendada.

objektiiv. Silma põhi on kaetud võrkkestaga, mis kujutab enesest nägemisnärvilõppude peenimat hargnemist.

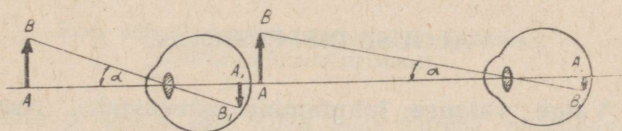
Ruum sarv- ja vikerkesta vahel on täidetud vedelikuga B, silmaläätse taga aga läbipaistva klaaskehaga.

Silmaläätse annab võrkkestal silma ees olevaist esemeist tõelise vähendatud kujutise. Neis võrkkesta kohtades, kus tekib kujutis, langeb närvilõppudele valgus, mis neid ärritab. See ärritus antakse nägemisnärvilõpust ja inimene saab nägemisaistingut.



Joon. 190. Silma ehitus.

Joonisel 191 on skemaatiliselt näidatud eseme kujutise tekkimine silmas — võrkkestal. Me näeme, mida lähemal on ese silmale, seda suurem on ta kujutis võrkkestal. Järelikult, mida suuremat hulka närvilõpust ärritatakse, seda paremini suudame eset näha.



Joon. 191. Nägemisnurk.

Mida lähemal on ese silmale, seda suurem on nurk — nägemisnurk (α), mille all eset näeme.

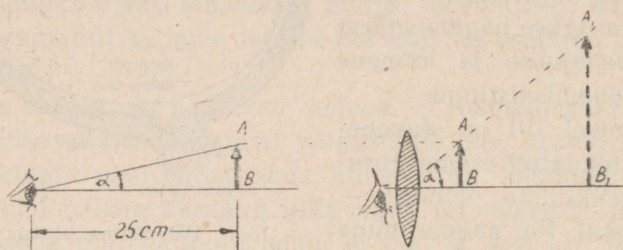
Kui nägemisnurk on väga väike, väiksem kui 1 kaare-

minut, siis liituvad silma jaoks kaks kõrvuti olevat punkti üheks, silm ei suuda neid eraldada.

Järelikult, mida kaugemal on mingi ese silmast, seda väiksemana ta meile näib.

Nähes kaugel meile tuntud esemeid, harjume me nende näiva suuruse järgi hindama kaugust nendeni.

Et abistada meie silma väga kaugete, või väga väikeste esemete vaatlemisel, selleks kasutatakse mitmesuguseid optilisi riistu, mille ülesandeks on suurendada nägemisnurka (joon. 192).



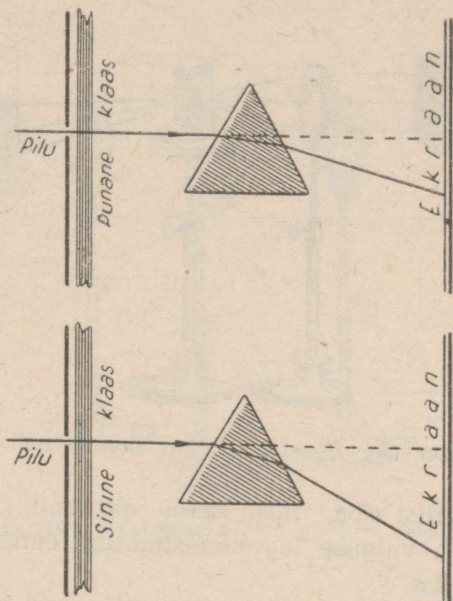
Joon. 192.

XIII peatükk.

VALGUSE DISPERSIOON.

121. Valge valguse lahutamine värvusteks. Asetame laterna ette kitsa piluga ekraani, ning katnud selle punase klaasiga, laseme punase valguskiire läbi kolmetahuse prisma (joon. 193). Minnes läbi prisma, murdub valguskiir kaks korda ja kaldub mõlemal korral aluse poole. Ekraanil saame punase värvusega kujutise pilust. Märgime ära selle kujutise asendi ekraanil. Asendame punase klaasi sinisega.

Nüüd saame ekraanil pilust sinise kujutise, kuid mitte samas kohas, kus oli punane kujutis, vaid mõnevõrra madalamal. Siit peame järeldama, et mitmesuguse värvusega kiired murduvad prismas erinevalt — ühed rohkem, teised vähem.

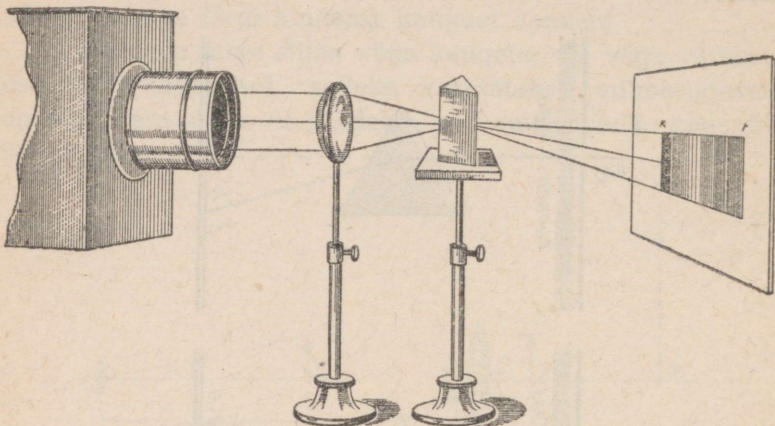


Joon. 193. Punase ja sinise kiire läbimine kolmetahulisest prismast.

Laseme prismale läbi kitsa pilu kimbu päikesevalgust või kimbu kiiri projektsioonilaternaist. Juhtinud prismast läbiläinud kimbu ekraanile, näeme ekraanil laia, mitmevärvuselise riba KF (joon. 194). Värvused on selles ribas asetatud järgmises järjekorras: punane riba, sellele järgneb oranž, siis kollane, roheline, helesinine, sinine ja lõpuks violetne. Kui prisma abil saadud värvilised spektrikiired

lasta läbi kumerläätse (joon. 195), siis saadakse ekraanil valge pilu kujutis.

Tähendab, valge valguse kiir on liitkiir; minnes läbi prisma, laguneb ta mitmesuguse värvusega kiirteks.



Joon. 194. Spektri saamine prisma abil.

Mitmevärvilist riba, mis saadi ekraanil, nimetatakse spektriks¹, valguse lagunemisenähtust ennast aga dispersiooniks.

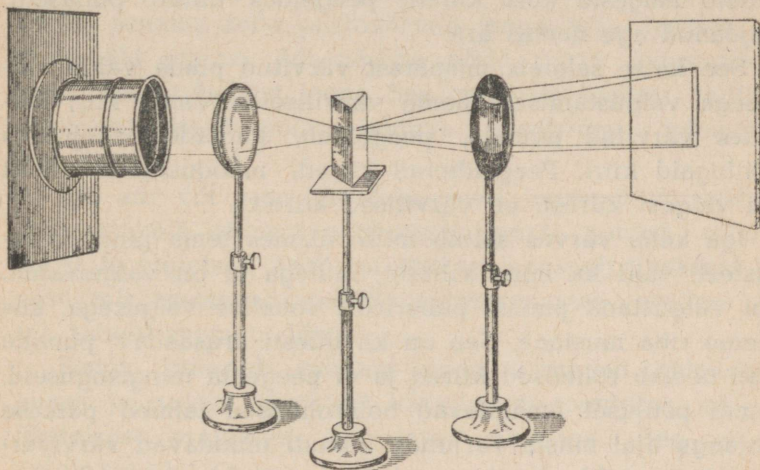
Sellist valguse dispersiooni näeme me looduses vikerkaare kujul; prisma osa etendavad siin vihmapiisad.

Loetelles spektri värvuse ribakesi, nimetasime seitset värvust. Tegelikult on ühelt värvuselt teisele üleminek katkestamatu: on raske öelda, kus lõpeb üks värvus ja algab teine. Iga väga kitsas ribake spektris erineb teisest samasugusest naabruses olevast ribakesest.

Täpsemalt öeldes koosneb spekter hulgast mitmesuguste varjunditega värvustest.

¹ Ladinakeelne sõna *spectrum* tähendab kujutis.

Kui vaadelda läbi prisma kitsast värvilist pabeririba, mis on kleebitud mustale kartongile, või kui teha ekraanisse pilu ja lasta läbi selle pilu teisele prismale ühte värvilist spektrikiirt, siis võib täheldada, et värviline spektrikiir, murdudes teises prismas, muudeks värvilisteks kiirteks enam ei jagune.



Joon. 195. Värviliste kiirte süntees läätse abil.

122. Kehade värvused. Lastes läbi prisma valged kiired, asetame kiirte teele, mis väljuvad prismast, värvilise läbipaistva plaadi, näiteks punase. Saame ekraanil värvilised ribad. Kui lasta prisma poolt lahutatud kiired läbi rohelise plaadi, siis saame ekraanil rohelise riba ja sel juhul kaovad kõik kiired, mida laskis läbi punane plaat.

Selle katse põhjal võib teha järelduse, et läbipaistva plaadi värvus on määratud teda läbivate spektri kiirtega. Valgustame valget paberilehte mitmesugust värvust kiir-

tega; näeme paberit kord punasena, kord sinisena, kord rohelisena, sõltuvalt kiire värvusest, mis langeb paberile ja peegeldub sealt. Tekitanud spektri valgele ekraanile, asetame sellele tükikese punast riidet; märkame, et see on must spektri kõigis osades, ainult spektri punane osa näib meile olevat valgustatud. See tähendab, et punane riie, millele langesid kõik kiired, peegeldas ainult punaseid, ülejäänud aga neelas ära.

See katse seletab, mispärast värvitud pinda valge valgusega valgustamisel näeme värvilisena. Valge kiir, langes 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 värvivarjundeid kunstlikus valguses kirjud riided.

Harjutus 41.

1. Miks punast paberit, mis on valgustatud valge valgusega, näeme punasena?
2. Millistel tingimustel näeme valget paberit punasena?
3. Millist keha nimetame valgeks? Millist keha nimetame mustaks?
4. Miks valge keha näib rohelisena, kui seda vaadelda läbi rohelise klaasi?

123. Spektraalanalüüs. Spekter, mis saadakse elektrilambi hõõguvalt niidilt, voltakaarelt, küünlaleegilt ja muudelt kuni hõõgumiseni kuumendatud tahkeilt ja vedelaolt

kehadelt, kujutab enesest pidevat riba, mis koosneb kõigist katkestamatult üksteise üleminevaist värvustest. Sellist spektrit nimetatakse pidevspektriks (vt. spektrite värvilist tabelit, spekter I).

Hoopis teine spekter tekib, kui läbi prisma lasta helendava auru või gaasi valgust. Võtame näiteks keedusoola, paneme selle piirituslambi leegisse ja laseme valguse läbi prisma. Me näeme nüüd mitte pidevspektrit, vaid heledat kollast joont. See on kiirte spekter, milliseid tekitavad keedusoolas leiduva naatriumi helendavad aurud.

Iga aur või gaas annab oma eri joonspektri: vesiniku spektris võib selgesti näha nelja joont: punast, rohelist, sinist ja violetset; heeliumi spekter koosneb üheksast joonest, mis asetsevad spektri mitmesugustes osades, jne. (vt. tabelit raamatu lõpus).

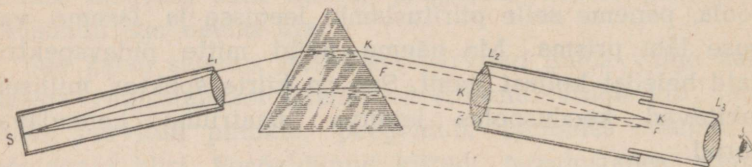
Seega koosneb spekter, mida tekitavad helendavad aurud ja gaasid, üksikuist värvilistest joontest, mis on üksteisest eraldatud tumedate vahedega. See on nn. j o o n s p e k t e r.

Mitmesuguste aurude ja gaaside spektreid uuritakse hoolikalt. On olemas spektrite fotograafilised ülesvõtted, nii et uurides mingi auru või gaasi poolt tekitatud spektrit, on alati võimalik täpselt kindlaks määrata, millisele ainele kuulub antud spekter.

Aine keemilise olemuse uurimist selle aine spektri järgi nimetatakse spektraalanalüüsiks. Spektraalanalüüsi abil on võimalik kindlaks teha mitmesuguste keemiliste ainete olemasolu ka siis, kui seda ainet on vaid milligrammi miljonidküsed osad.

Kui vaadelda päikese spektrit läbi spetsiaalriista — spektroskoobi (joon. 196), mida kasutatakse spektrite vaatlemiseks, siis võib spektri pidevas ribas täheldada

rida tumedaid põhijooni¹ mitmesugustes osades (vt. tabel, spekter 5). Et saada aru nende tekkimisest, võib teha järgmise katse. Lambi hõõgniidist või voltakaarest spektroskoopi minevate kiirte teele asetame piirituslambi leegi, milles hoitakse naatriumitükikest. Näeme, et pidevspekt-rile tekib tume riba just selles kohas, kus peab olema



Joon. 196. Spektroskoobi ehituse skeem.

naatriumi kollane joon. See tähendab, 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 kujutelma Päikese atmosfääri koosseisust. See uurimine on näidanud, et Päikesel on üldiselt samad ained, mis meil on Maa peal. Sel teel saame spektraalanalüüsi kaudu teada taevakehade keemilise koosseisu.

124. Spektri nähtamatud osad. Kuumendatud keha värvuse järgi võib otsustada ta temperatuuri üle. Uurides spektreid, mida saadakse kuumendatud traadilt, tehti kindlaks, et saadud spekter muutub traadi temperatuuri

¹ Esimesena uuris neid tumedaid jooni saksa füüsik Fraunhofer, mispärast neid hakati hüüdma fraunhoferi joonteks.

muutumise. Algul ilmub spektri punane osa, siis liituvad sellele oranž, kollane, roheline jne. Lõpuks valgeli hõõgumisel ilmub nähtavale ka violetne riba. Esimesed jäljed spektri punasest osast ilmuvad nähtavale 500° temperatuuril. 1500° temperatuuril 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 puhul. Spektri uurimised tegid kindlaks, et spekter ei piirdu nähtava osaga. Spektri punase ja violetse osa taga on spektri osa, mida meie ei näe, kuna kiired, mis seda osa tekitavad, meie silma ei mõjuta, kuid neid võib kindlaks teha teisel viisil. Kiiri, mis asetsevad spektri punase osa taga, nimetatakse *infrapunasteks* (*infra* tähendab *madalam*). Neid tehakse ilmsiks, tuues spektri infrapunasesse ossa riistu, millede abil võib märgata isegi nõrka soojenemist. 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). Ultravioletseid kiiri võib ilmsiks teha spektrit foto grafeerides.

125. Valguse keemiline toime. On teada, et taimede rohelistes osades päikese kiirte mõjul toimub süsihappegaasi sarnastamine. 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 päikesekiirte mõju all, pleegib. Nii pleegitatakse linast riidet, laotades seda heleda päikesevalguse kätte.

Need näited on selle tõenduseks, et päikesevalgus 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 toimet. Mitmesugused liigid värvitud klaase muutuvad vähehaaval värvilisteks, omandades kollase, roheline või violetse varjundi.

Suvine päevitus, valulised põletushaavad nahal, mis tekivad päikese kestvast toimest, puuviljade eredad värvused — kõik need on näited päikesekiirte keemilisest toimest. Päikesekiirtel on suur tähtsus sanitaar- ja hügieeni-alal, sest nende mõjul hävivad bakterid ja kaovad haigust põhjustavad moodustused organismis.

Valguse keemilist toimet kasutatakse ära fotograafias.

Et uurida, kuidas mõjuvad keemiliselt mitmesuguse värvusega kiired, võib teha sellise katse.

Asetame kopeerimisraami negatiivi asemele klaasi, millele on tõmmatud mitmesuguste värvustega läbipaistvad ribad, ja vaatame, millist mõju avaldavad mitmevärvilised kiired fotopaberile.

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.

Laboratoriume, 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 äärele, seda tugevam on kiirte keemiline toime. Veel tugevamat keemilist toimet avaldavad ultravioletsed kiired.

126. Kiirgusenergia muundumine teisteks energia liikideks. Päike on energiaallikaks Maa peal. Pääaegu kõikide energialiikide allikaks Maa peal, mida nüüdsel ajal

kasutame, on kiirgusenergia, mis tuleb meile Päikeselt ja suundub Maa peal soojuse, keemilise ja muudeks energia- liikideks. Tarvitseb vaid kujutella, mis toimuks Maa peal, kui Päike ei valgustaks Maad igapäev. Me teame selliseid kohti Maa peal kaugel teisel pool 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. Muundatud päikese-energiat kasutavad hüdroelektrijaamad.

Päikesekiirte mõjul aurub 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 oma vee meredesse ja järvedesse. Nii toimub vee alaline ringkäik päikese kiirgusenergia mõjul. Ent päikesekiirte osa ei piirdu sellega. Me teame, kuivõrd taimede ja loomade elu sõltub valgusest ja soojusest. Taimedes 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 ressursidest¹ 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 küttagavara.

Taimedest toituvate loomade energia ja inimese energia — kõige selle allikaks on päikesekiirte energia.

¹ *Ressurss* — tagavara; abiallikas.

Kui suur on kogu see võimsus, mida toovad Maa peale päikesekiired? Selle võimsuse arvestus andis tohutu arvu: üle 200 miljoni hobujõu või ligi 150 biljonit kilovatti. See võimsus võrdub 2 miljoni sellise elektrijaama võimsusega, nagu seda on Volhovi jaam või 300 tuhande sellise jaama võimsusega, nagu Dnepri jaam, kui lugeda Dnepri jaama täisvõimsuseks ümmarguselt 500 000 kilovatti.

Katsetest on leitud, et iga ruutsentimeeter maakera pinda, mis on risti päikesekiirtega, saab minutis keskmiselt 1,5 kalorit.

See tähendab, et 1 m²-le langevate päikesekiirte võimsus ületab poolteist hobujõudu ehk on üle ühe kilovati. Kui saaksime ära kasutada kas või 1% sellest päikeseenergiast, mis langeb meie linnade katustele, siis kataksime küllaga oma elektrienergia kogu tarviduse.

Elektrienergia peamisteks allikateks tehnikas on kütuse tagavarad (kivisüsi, nafta, turvas). Need tagavarad, mida loodus on kogunud palju aastaid, vähenevad iga päevaga ja isegi iga tunniga. Seepärast omistatakse nüüdsel ajal päikesekiirte energia vahetu kasutamise küsimusele suurt tähelepanu.

VASTUSEID.

- § 4. 1. 320 kcal.
2. 289 kcal.
- § 5. 3. 10 000 kcal.
4. 2,5 kg.
6. 112,5 g.
- § 11. 3. 80,85 kcal.
4. 3195 kcal.
5. 631,8 kcal.
6. 160 g.
- § 18. 2. 2 kcal.
3. 2135 kcal.
4. $0,09^\circ$.
5. $3,3^\circ$.
- § 19. 3. 632 kcal.
- § 54. 1. 0,5 kulonit.
2. 2 A.
3. 0,5 A; 0,2 A.
- § 59. Umbes 3,7 mm².
9. Umbes 0,26 oomi.
- § 62. 1. 120 volti.
2. 4 volti.
3. 15 kalorit; 0,5 A.
- § 64. 2. 55 vatti.
3. 0,8 kW.
4. 0,9 A.
- § 65. 1. 7,36 kW.
2. 6 kW/tundi.
3. 40 kW.
4. 8,36 amprit.
5. 4 rubla.
- § 66. 1. 95 kcal.
2. 20,376 kcal.
3. 4 min. 35 sek. jooksul.
4. $1,1^\circ$.
- § 77. 3. 8,1 oomi.
4. Ei vöi.
5. 1000 oomi.
6. 4 volti.
7. 3 volti.
- § 105. 2. 220 volti; 50 A; 5 A.
3. 43 600 A; 417 A.
4. 19 200 kcal; 25 000 A.

SISUKORD.

Soojus.

I peatükk.

Aine oleku muutumine.

1. Aine üleminek ühest olekust teise	3
2. Sulamine ja tahkestumine	3
3. Laboratoorne töö nr. 1	5
4. Sulamissoojus	7
5. Soojuse eraldumine tahkestumisel	8
6. Ruumala muutumine sulamisel ja tahkestumisel	9
7. Sulamine ja tahkestumine aine molekulaarehituse õpetuse alusel	10
8. Aurumine	11
9. Keemine	13
10. Laboratoorne töö nr. 2	15
11. Auru kondenseerumine	15
12. Keemispunkti sõltuvus rõhust	17
13. Auru tekkimine ja kondenseerumine aine molekulaarehituse õpetuse alusel	19
14. Gaasi rõhk	20

II peatükk.

Mehaanilise energia muundumine soojuseks ja soojuse muundumine tööks.

15. Töö ja soojus	22
16. Soojuse olemus	23
17. Soojuse mehaaniline ekvivalent	24

18. Joule'i katse	25
19. Energia jäävuse ja muunduvuse seadus	27
20. M. V. Lomonossov	28

III peatükk.

Soojusjõumasinad.

21. Sissejuhatus	29
22. Polzunovi aurumasin	32
23. Watt'i aurumasin	34
24. Aurujaotusseadis	35
25. Sirgjoonelise liikumise muutmine pöörlevaks liikumiseks	37
26. Auruturbiinid	38
27. Sisepõlemismootorid	40
28. Neljataktilise mootori skeem	41
29. Jaotusmehhanism	43
30. Aeglase põlemisega mootor ehk diisel	44
31. Reaktiivsed mootorid	46
32. Soojusjõumasina peamised osad	49
33. Soojusjõumasinate kasutegur	50

Elekter.

IV peatükk.

Algteadmisi elektrist.

34. Sissejuhatus	53
35. Elektriseerimine hõõrumise teel	54
36. Kahte liiki elekter	55
37. Elektroskoop	56
38. Juhid ja isolaatorid	60
39. Elektriseerimine indutseerimisega	61
40. Elektrimasin	64
41. Elektrilisi nähtusi atmosfääris	65
42. Piksevarras	68

V peatükk.

Elektrivool.

43. Elektrivool	69
44. Galvaani elemendid	70
45. Akumulaatorid	72
46. Akumulaatorite kasutamine tehnikas	73
47. Elektrivoolu toimed	74
48. Voolu suund	75
49. Elektrivooluring	77
50. Vastuvõtja lülimise viise vooluringisse	79
51. Laboratoorne töö nr. 3	79

VI peatükk.

Elektrivoolu seadused.

52. Elektri hulk. Kulon	80
53. Voolutugevus	81
54. Voolutugevuse ühik	81
55. Ampermeeter	83
56. Laboratoorne töö nr. 4	84
57. Juhtide takistus	85
58. Takistuse ühik	85
59. Juhi takistuse sõltuvus juhi mõõteist ning ainest	86
60. Reostaadid	88
61. Pinge	90
62. Pinge ühik	90
63. Pinge mõõtmine voltmeetriga	91
64. Voolu töö ja võimsus	92
65. Elektrivoolu tööühikud	94
66. Voolu poolt eraldatav soojushulk juhis	94
67. <u>Ohmi seadus</u>	95
68. Laboratoorne töö nr. 5	99
69. <u>Joule'i-Lenzi seadus</u>	101
70. Soojendusriistad	103
71. Hõõglamp	104
72. Lodõgini hõõglamp	106

73. Sulavkaitsmed	107
74. Voltakaar	108
75. Jablotškovi küünal	109
76. Elekterkeevitus	110

VII peatükk.

Magnetilised ja elektromagnetilised nähtused.

77. Magnetilised põhinähtused	111
78. Magnetnõel	112
79. Kompass	113
80. Pooluste vastastikune mõju	114
81. Magneti ehitus	114
82. Magnetiline väli	116
83. Maa magnetiline väli	119
84. Voolu magnetiline väli	120
85. Pooli omadused, kui pooli läbib elektrivool	122
86. Elektromagnet	123
87. Elekterkõlisti	124
88. Elektritelegraaf	126
89. Mikrofon ja telefon	129

VIII peatükk.

Elektrienergia muundumine mehaaniliseks energiaks.

90. Vooluga juhtide liikumine magnetilises väljas	131
91. Vooluga raam magnetilises väljas	132
92. Elektrimootor	133
93. Laboratoorne töö nr. 6	136
94. Elektrimootorite rakendamine	137

IX peatükk.

Elektromagnetiline induksioon.

95. Induksioonvool	143
96. Induksioonvoolu suund	146

97. Vahelduvvoolu saamine	147
98. Vahelduvvoolu generaatori ehitus	148
99. Dünamomasin	149
100. Generaatori magnetiline väli	150
101. Dünamomasina pööratavus	151
102. Elektrienergia ülekanne	152
103. Transformaator	154
104. Voolu tee jaamast tarbijani	156
105. NSV Liidu elektrifitseerimine	157

Valgus.

X peatükk.

Valguse levimine.

106. Valguse sirgjooneline levimine	162
107. Vari ja poolvari	165
108. Päikese- ja kuuvarjutused	166
109. Valguse kiirus	168

XI peatükk.

Valguse peegeldumine.

110. Valguse peegeldumise seadused	169
111. Hajuv peegeldumine	170
112. Tasapeegel ja selle kasutamine	171
113. Peegeldumine nõguspeeglit	174

XII peatükk.

Valguse murdumine.

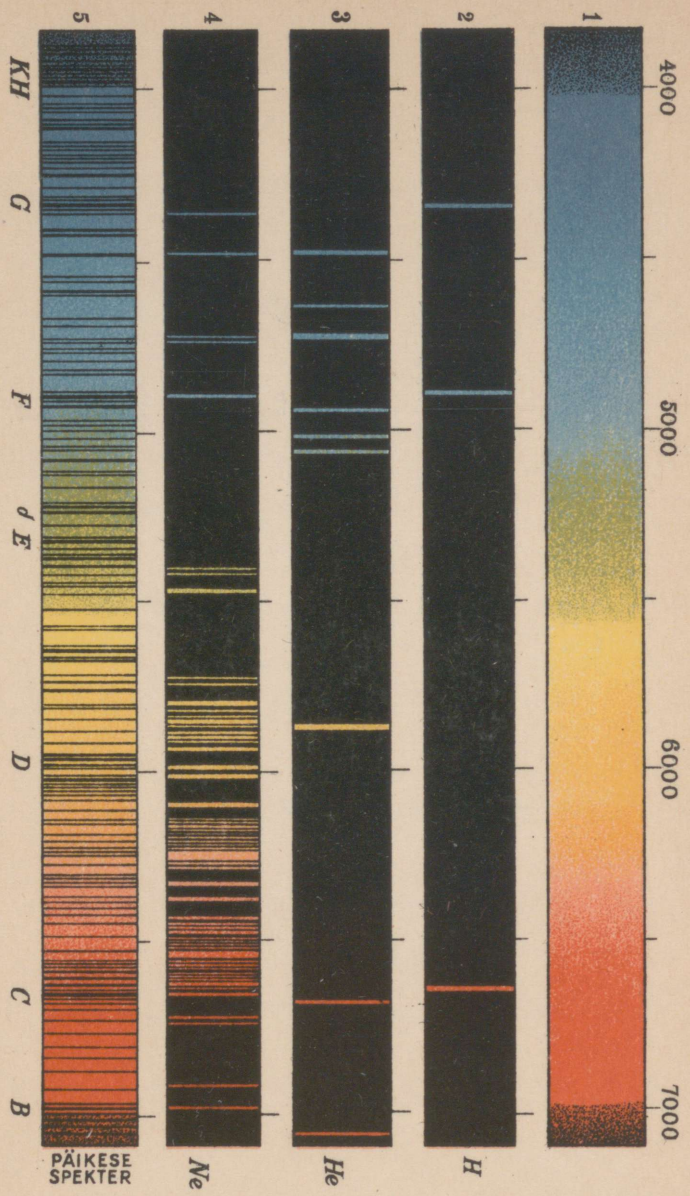
114. Valguse murdumise mõiste	177
115. Läätsed	177
116. Koondav lääts	180
117. Fotoaparaat	181

118. Projektsioonilatern	183
119. Kino	184
120. Silma ehitus	184

XIII peatükk.

Valguse dispersioon.

121. Valge valguse lahutamine värvusteks	186
122. Kehade värvused	189
123. Spektraalanalüüs	190
124. Spektri nähtamatud osad	192
125. Valguse keemiline toime	193
126. Kiirgusenergia muundumine teisteks energia liikideks	194



Vastutav toimetaja M. Usai.
Keeleline toimetaja J. Pedari.
Tehniline toimetaja A. Sepp.

Ladumisele antud 22. II 1950.
Trükkimisele antud 12. IV 1950.
Trükiarv 8000. Paber 56×79, 1/16.
Trükipoognaid 13. Arvutuspoog-
naid 10,94. MB-01063. Trükikoda
„Kommunist“, Tallinn, Pikk t. 2.
Tellimise nr. 1056.

На эстонском языке.

А. В. Перышкин, Г. И. Фалеев
и В. В. Крауклис. Физика.
II часть. Для VII класса.

Rbl. 3.75

A-18424
II

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00505510 0