

*A. Pjorõskin • G. Falejev • V. Krauklis*

# FÜÜSIKA

VII  
KLASSILE

*Eesti Riiklik Kirjastus*

A-22055

A. PJORŐŠKIN, G. FALEJEV,  
V. KRAUKLIS

# FÜÜSIKA

ÕPIK VII KLASSILE



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS  
TALLINN 1958

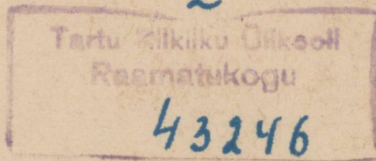
Originaali tiitel:

А. В. Перышкин, Г. И. Фалеев и В. В. Крауклис.  
Физика. Часть II. Учебник для 7 класса семилетней и средней  
школы.

Утвержден Министерством просвещения РСФСР  
Учпедгиз. Москва 1957.

Tõlge kinnitatud Eesti NSV Haridusministeeriumi poolt.

2



ARHIIVIKOGU

# SOOJUS.

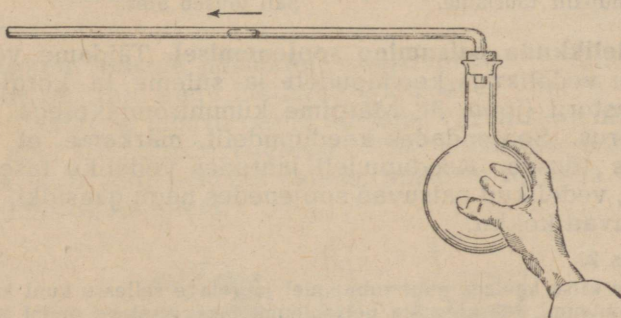
## I peatükk.

### KEHADE SOOJUSPAISUMINE.

**1. Sissejuhatus.** Igapäevasest elust teame, et kehi võib soojendada suuremal või vähemal määral.

Aistmise teel eraldame soojad kehad külmadest; muude võtete abil (§ 5, 6 ja 7) võime me täpsemalt kindlaks määrata kehade soojusastet.

Kuid mis tähendab soojendada või jahutada keha? Mis on soojus? Need on rasked küsimused. Et vastata nendele küsimustele, on vaja tunda õppida paljusid soojusnähtusid ning uurida rida

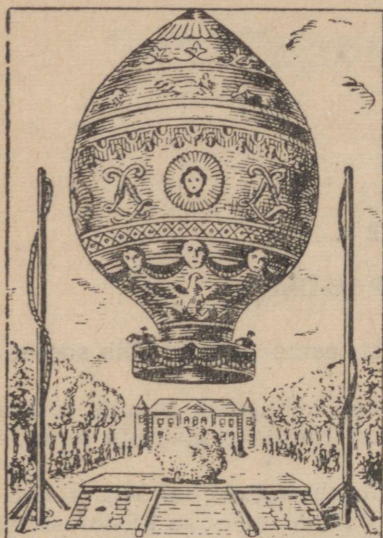


Joon. 1. Õhu paisumine keedupudelis.

aine omadusi. Katsed näitavad, et peaaegu kõik kehade omadused muutuvad soojendamisel ühel või teisel määral. Muutuvad kehade mõõted, tihedus, värvus; kehad võivad soojenemisel tahkest olekust üle minna vedelasse olekusse, vedelast olekust aga gaasilisse olekusse jne. Mõningaid neist nähtusid me vaatlemegi.

**2. Õhu paisumine soojenemisel.** Võtame korgiga suletud keedupudeli, mille korki läbib täisnurkselt painutatud klaastoru. Torusse on aetud värvitud veetilk.

Soojendame keedupudelit käega (joon. 1). Värvitud veetilk nihkub vasakule. Tähendab, õhu ruumala soojenedes suurenes. Kui õhku keedupudelis jahutada, nihkub veetilk torus paremale, näidates, et õhu ruumala jahtudes väheneb. Me saaksime samad tulemused, kui keedupudelis oleks mitte õhk, vaid mingi muu gaas. Järelikult, soojenedes gaasid paisuvad, jahtudes aga tõmbuvad kokku.



Joon. 2. Vendade Montgolfier'de õhupalli tõusmine.

### Harjutus 1.

1. Võtke 0,25-liitrine pudel ning jahutage seda tublisti. Valage klaasi vett ning, sulgenud pudeli peoga, asetage ta kaelapidi vette ja vaadeldge mõned minutid. Tehke katsest joonis ja andke vastav seletus.

2. Asetage taldrikule, milles on vett, kummutatud palav klaas. Vaadeldge seda mõni aeg, jälgides veetaset taldrikul ja klaasis. Tehke joonis ja seletage ära katse tulemus.

3. Joonisel 2 on kujutatud vendade Montgolfier'de (loe: mongolfjee) õhupalli tõusmine 21. nov. 1783. a. Pall on täidetud palava õhuga. Seletage, mispärast palava õhuga täidetud pall tõuseb üles.

**3. Vedelikkude paisumine soojenemisel.** Täidame veega või mõne muu vedelikuga keedupudeli ja suleme ta korgiga, mida läbib klaastoru (joon. 3). Märgime kummirõngakesega vedeliku taseme torus. Soojendades keedupudelit, märkame, et vedeliku tase torus tõuseb. Keedupudeli jahtudes vedeliku tase langeb. Tähendab, vedelikud paisuvad soojenedes nagu gaasidki, jahtudes aga tõmbuvad kokku.

### Harjutus 2.

1. Võtke kitsa kaelaga suur rohpudel ja valage sellesse kuni kaela kesk-kohani petrooleumi. Märkige ära petrooleumi tase. Asetage pudel sooja vette ja märkige 5—10 minuti pärast ära petrooleumi uus tase.

Seejärel asetage pudel külma vette ja märkige jällegi petrooleumi tase. Kirjutage lühike aruanne, varustades seda joonisega, millel on näidatud petrooleumi tasemed.

2. Kas võib kauplusest talvel petrooleumi ostes nõu täis valada, kui seda tuleb kodus hoida soojas ruumis?

4. Laboratoorne töö nr. 1. Töö eesmärk — võrrelda mitmesuguste vedelikkude ja gaaside soojuspaisumist.

### Tööjuhend.

1. Täitke kaks ühesuguste mõõdetega katseklaasi ühekõrguselt, üks vee, teine petrooleumiga ning asetage nad kuuma vee nõusse.

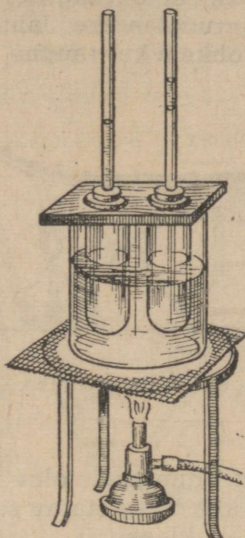
Pange tähele, kas vedelikud paisuvad ühesugusel soojendamisel ühte viisi.

2. Võrrelge vedeliku ja gaasi paisumist. Sulgege kaks ühesugust katseklaasi korkidega, mida läbivad klaastorud (joon. 4). Üks katseklaas täitke

nagu varem piirituse või petrooleumiga, teise katseklaasi torusse aga asetage tilk mingit vedelikku. Mõlemad katseklaasid kinnitage koos statiivi külge ja asetage nad sooja veega täidetud klaasi. Tilga liikumise ja vedeliku taseme tõusu järgi saab võrrelda vedeliku ja õhu paisumist.

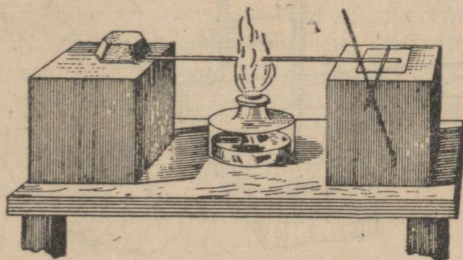


Joon. 3. Vedeliku paisumine.



Joon. 4. Vedeliku ja gaasi paisumise võrdlus.

**5. Tahkete kehade paisumine soojenemisel.** Kinnitame raudvarva ühe otsa nii, nagu näidatud joonisel 5. Varva teise otsa paneme õlekõrrest läbi torgatud nõelale. Varva soojenemisel pöörab end nõel ühes õlekõrrekesega. Nõela pööramise põhjus seisab selles, et varb soojenemisel paisub, mistõttu ta vaba ots nihkub edasi, pöörates ka nõela.

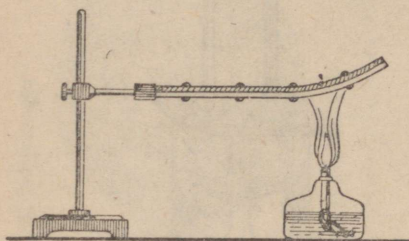


Joon. 5. Varva paisumine soojenemisel.

Sama nähtust paneme tähele, kui raudvarva asemel võtame mis tahes muust tahkest aineist varva. Järelikult, tahked kehad paisuvad soojenemisel samuti nagu gaasid ja vedelikudki.

Soojendame kokkuneeditud vask- ja raudplaadi riba.

Soojenemisel kooldub riba, mis on kinnitatud statiivi külge, vasest poolega allapoole, nii nagu näitab joonis 6. Riba kooldub nii sellepärast, et ühesugusel soojenemisel paisub vaskplaadike rohkem kui raudplaadike. Jahtumisel sunnib vaskplaadike, tõmbudes kokku rohkem kui raudne, koolduma riba vastupidises suunas.



Joon. 6. Bimetallplaadike.

Järelikult, erinevaist aineist tahked kehad ei paisu ühteviisi.

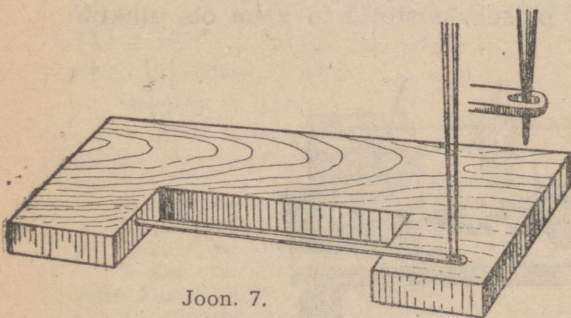
Võtame riista, mida kasutatakse vedeliku soojuspaisumise tundmaõppimiseks (joon. 3), ja asetame keedupudeli kiiresti palavasse vette. Me märkame, et algul vedeliku tase torus veidi langeb ja hakkab siis tõusma. See tuleb sellest, et keedupudel algul soojenes ning paisus ja seejärel hakkas

soojenema keedupudelis olev vedelik. Vedeliku tõusmine aga üle esialgse taseme on seletatav sellega, et vedelik paisub rohkem kui tahke keha — klaas.

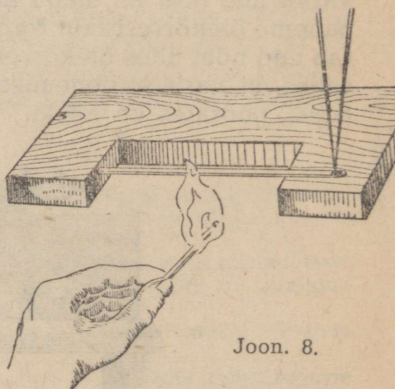
Vaadelnud soojenemise mõju tahketele, vedelatele ja gaasilistele kehadele, tuleme järeldusele:

**kõik kehad soojenemisel paisuvad, jahtumisel aga tõmbuvad kokku.**

Ühesugusel soojenemisel ühed kehad paisuvad rohkem, teised vähem.



Joon. 7.



Joon. 8.

### Harjutus 3.

1. Valmistage tahkete kehade soojuspaisumise jälgimiseks järgmine riist:

Võtke väike lauake, suurusega  $10\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ , ja tehke ta ühte äärde väljalõige (joon. 7). Lauakese ühte väljaulatuvasse ossa torgake suur sukanõel nii, et ta teine ots asetseks teisel väljaulatuval osal, silmaga ülispoole. Asetage vertikaalselt läbi sukanõela silma peenike nõel ja torgake

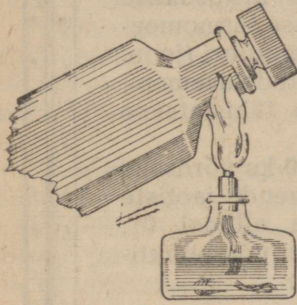
sellega kõrvuti väljaspool silma vertikaalselt teine nõel. Soojendage suurt nõela ühe-kahe (kookupandud) tikuga ja jälgige silma läbiva vertikaalse nõela liikumist (joon. 8).

Mõtelge järele, kuidas ehitada mis tahes muu konstruktsiooniga riist, ainult et ta hakkaks töötama tingimata juba tikuga soojendamisest.

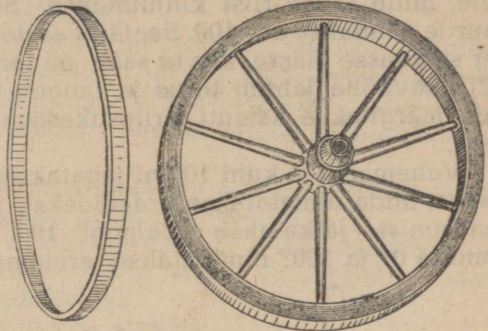
2. Et võtta pudelilt tugevasti kinni jäänud klaaskorki, on vaja pudeli kaela väljastpoolt tulel soojendada (joon. 9). Mispärast võib see soojendamine korgi äravõtmist hõlbustada?

3. Mispärast soojendab sepp tugevasti raudrehvi, enne kui ta selle paneb ratta põiale?

4. Tooge näiteid kehade paisumisest soojenemisel ja nende kokkutõmbumisest jahtumisel.



Joon. 9.



Joon. 10. Ratas ja raudrehv.

**6. Temperatuur.** Katsudes käega kütmata ahju, märkame, et ahi on külm. Kui hakkame ahju kütma, siis soojeneb see: muutub külmast soojaks ja pärast palavaks. Sõnadega külm, soe, palav iseloomustame soojuse mitmesugust astet, kehade erinevat temperatuuri. Palava ahju temperatuur on kõrgem kui külma ahju temperatuur. Talvel on õhu temperatuur õues madalam kui suvel.

Sageli otsustame kehade temperatuuri üle nahatunde järgi. Kuid seejuures võib kergesti eksida. Paneme näiteks parema käe palava vee anumasse, vasaku käe aga külma vee anumasse. Pannes pärast seda mõlemad käed korraga kolmandasse, sooja vee anumasse, märkame, et parema käe tundmist mööda on vesi selles anumal külm, aga vasaku käe tundmist mööda näib sama vesi olevat palav.

Tähendab, kehade temperatuuri üle otsustamisel ei või nahatunnet alati usaldada.

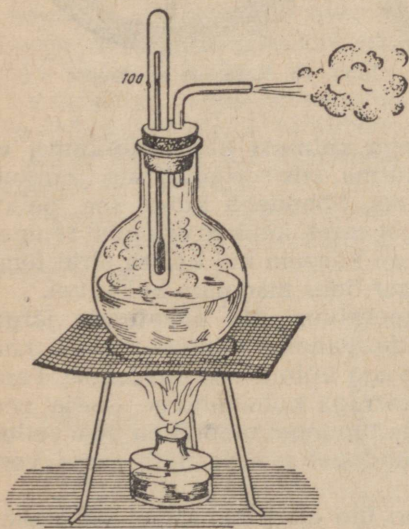
Keha tõelise temperatuuri määramiseks kasutatakse eri riistu — termomeetreid.

**7. Termomeetri ehitus.** Termomeetri töötamine on rajatud kehade soojuspaisumisele. Mida enam on keha soojendatud, seda enam ta paisub. Termomeeter valmistatakse klaastorust, milles on väga peenike ja kogu pikkuses ühesugune kanal. Sellise toru üks ots ühendatakse kera- või silindrikujulise reservuaariga. Reservuaar ja osa torust täidetakse elavhõbedaga. Siis soojendatakse

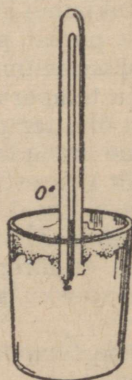
reservuaari nii palju üle keeva vee temperatuuri, et elavhõbe hakkab paisudes toru ülemisest lahtisest otsast üle voolama; seejärel joodetakse toru ots kinni. Kui toru ja selles olev elavhõbe jahtuvad, siis tõmbub elavhõbe rohkem kokku kui toru ja langeb toru alumisse ossa. Elavhõbeda peal tekib torus õhutühi ruum.

Sel viisil valmistatud riist asetatakse keeva vee auruusse (joon. 11). Seejuures omandab termomeeter auru temperatuuri. Elavhõbe tõuseb torus teatud kõrgusele, mis märgitakse kriipsukesega torule või lauakelele, mille külge riist kinnitatakse. Selle kriipsukese juurde pannakse arv 100. Seejärel asetatakse termomeeter sulavasse jäässe, kus ta saab jää temperatuuri (joon. 12), elavhõbe jahtub torus ja langeb teatud tasemeni, mis märgitakse samuti kriipsukesega ja tähistatakse 0-ga.

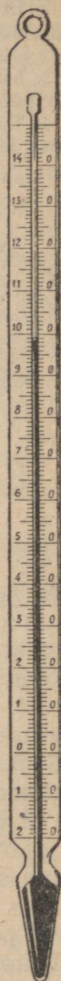
Vahemaa 0-st kuni 100-ni jagatakse 100-ks võrdseks osaks, mida nimetatakse kraadideks<sup>1</sup>, ja nende jaotiste märkimist jätkatakse ülalpool 100° ja allpool 0°. Punkte 0° ja 100° nimetatakse termomeetri põhipunkti-



Joon. 11. Vee keemispunkti (100°) kindlaksmääramine.



Joon. 12. Jää sulamispunkti (0°) kindlaksmääramine.



Joon. 13. Laboratooriumi termomeeter.

deks. Temperatuur 0° nimetatakse jää sulamispunktiks, 100° aga vee keemispunktiks.

<sup>1</sup> Ladinakeelne sõna *gradus* tähendab s a m m.

Temperatuure alla  $0^{\circ}$  kirjutatakse ja loetakse lisades märgi (—) või sõna „miinus“. Näiteks  $-15^{\circ}$  loetakse: „miinus  $15^{\circ}$ “ ehk „ $15^{\circ}$  alla nulli“. Kirjeldatud viisil valmistatud skaalat nimetatakse sajakraadiliseks skaalaks, sellise skaalaga termomeetreid aga Celsiuse termomeetreiks (joon. 13), teadlase nime järgi, kes tegi termomeetri ehitamise alal palju tööd. Kui tahetakse näidata, et temperatuuri on mõõdetud sajakraadilise skaala järgi, asetatakse kraadide arvu järele ladina täht C, näiteks  $20^{\circ}$  C. Edaspidi kasutame ainult seda temperatuuride skaalat.

Termomeetrid, mida kasutatakse mitmesuguseiks otstarbeiks, omavad erinevalt ehitatud skaalasid.

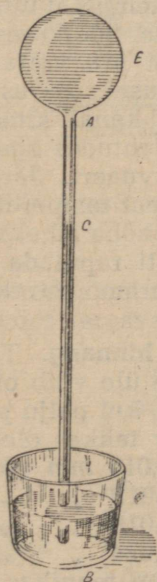
Väga madalate temperatuuride mõõtmiseks ei saa kasutada elavhõbedat, sest elavhõbe külmub  $-39^{\circ}$  temperatuuril. Elavhõbe asendatakse mingi muu vedelikuga, millel on madalam külmumistemperatuur, näiteks piiritusega, mille külmumistemperatuur on  $-114^{\circ}$ .

Temperatuuri mõõtmine termomeetriga põhjeneb sellel, et termomeeter omandab mõõdetava keha temperatuuri.

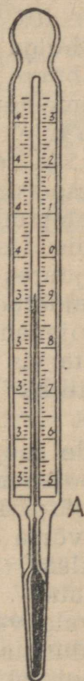
Vedeliku temperatuuri mõõtmisel ei tule temperatuuri vaatamiseks termomeetrit vedelikust välja võtta, vaid tuleb vaadata nii, et termomeeter jääb vedelikusse.

Mõõtes toa õhu temperatuuri, ei tohi me termomeetrit riputada kütteradiaatori või palava ahju lähedusse.

Välisõhu temperatuuri mõõtmiseks ase-



Joon. 14. XVI sajandi termomeeter.



Joon. 15. Merkuuri termomeeter.

tatakse termomeeter varjulisse kohta, et vältida selle vahetut soojenemist päikesekiirtest.

#### Harjutus 4.

1. On antud kaks termomeetrit, mille reservuaarides on võrdne hulk elavhõbedat, kuid nende torude sisemised diameetrid on erinevad.

Kas elavhõbe tõuseb ühesugusele tasemele nii selles kui teises termomeetris, kui need mõlemad asetada keeva vee auruses?

2. 1825. aasta ülikooli füüsikaõpikus, mis on kirjutatud professor Ivan Aleksejevits Dvigubski poolt, on antud XVI sajandi termomeetri kirjeldus (joon. 14).

Väikese läbimõõduga klaastoru A, mille otsas on kuulike E, on asetatud lahtist otsa pidi värvitud vedeliku anumasse. Kuulikese AE soojendamisega aetakse sellest osa õhku välja (mispärast?).

Soojendamise lõpetamisel tõuseb värvitud vedelik toru mööda üles (mispärast?) näiteks kuni C-ni.

Kuidas töötab selline termomeeter? Millist mõju avaldab sellise termomeetri näitudele atmosfäärirõhu muutumine?

**8. Meditsiiniline termomeeter.** Meditsiinilisel termomeetril (joon. 15) on skaala  $34^{\circ}$  kuni  $42^{\circ}$ , mis vastab elava inimese keha temperatuuri kõikumisele. Kuna keha temperatuuri täpne määramine on haige ravimisel väga tähtis, on meditsiiniline termomeeter jaotatud kraadi kümnendikkudeks osadeks. Et termomeetri jaotised oleksid suured ja et neid võiks selgesti loetavalt jäotada kraadi kümnendikkudeks osadeks, tehakse termomeetri reservuaar, võrreldes termomeetri kitsa kanaliga, väga suur. Suure elavhõbeda-hulga vähene soojenemine annab elavhõbedasamba pikkuses nähtava muudatuse.

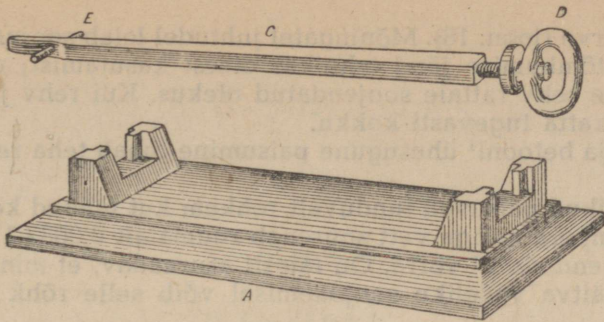
Et termomeeter saaks näidata keha temperatuuri, selleks paigutatakse ta kuni 10 minutiks kaenla alla. Seejuures tõuseb elavhõbe, kuid kui termomeeter kaenla alt ära võtta, siis ei lähe elavhõbe reservuaari tagasi. Selle põhjuseks on asjaolu, et toru alumisse otsa punkti A juurde on tehtud kanali kitsendus, millest elavhõbe paisudes läheb kergesti läbi, jahtudes aga katkeb selle kitsenduse juures ega lähe tagasi reservuaari. Järelikult näitab kehas eemaldatud termomeeter kõrgeimat temperatuuri, mille ta saavutas soojenedes keha mõjul. Et elavhõbe läheks uuesti reservuaari, on tarvis termomeetrit tugevasti raputada, võttes kinni nupust (harilikke mittemeditsiinilisi termomeetreid ei tarvitse raputada).

**9. Kehade soojuspaisumise suuruse hinnang.** Tahked kehad paisuvad soojenemisel väga vähe. Selle üle võib otsustada järgmise tabeli järgi, kus on ära tähendatud, kui palju pikeneb soojenemisel  $1^{\circ}$  võrra antud aine iga meeter tahkes olekus:

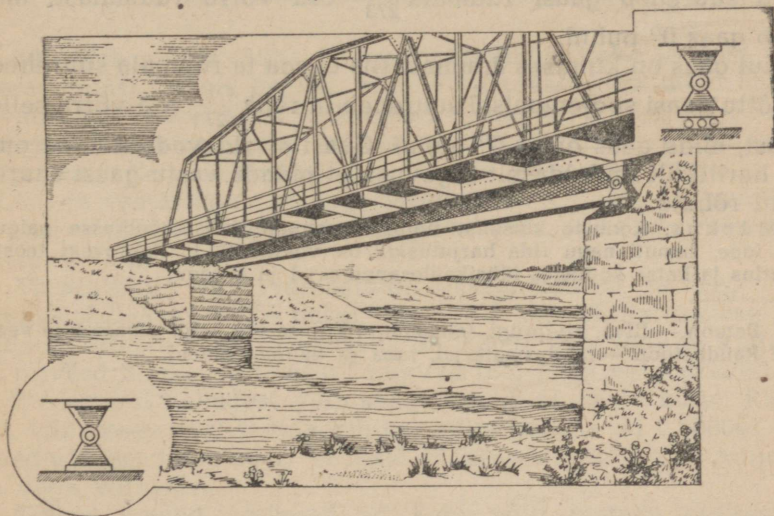
klaas . . . . .	0,010 mm võrra,
raud . . . . .	0,012 " "
valgevask . . . . .	0,019 " "
alumiinium . . . . .	0,024 " "

Kuid isegi sel vähesel muudatusel on tehnikas suur tähtsus.

Asetame tugevasse malmalusesse A (joon. 16) tugevasti kuumutatud terasvarva C. Kinnitame selle varva kõvasti aluse külge



Joon. 16. Kokkutõmbumine jahtumisel.

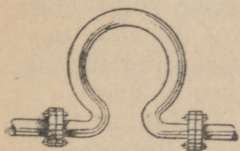


Joon. 17. Silla kandekaare parempoolne ots on asetatud rullidele.

ühelt poolt jämeda ümmarguse malmpulgaga *E*, teiselt poolt mutriga *D*. Jahtudes terasvarb *C* lüheneb ja murrab katki malmpulgaga *E*.

Tohutuid jõude, mis tekivad kehade paisumisel ja kokkutõmbumisel, on tarvis tehnikas arvestada.

Raudteerööbaste mahapanemisel jäetakse nende otste vahele väike vahe; suuri sildu kinnitatakse ainult ühest otsast, teine seisab rullidel (joon. 17). Aurujuhtmesse pannakse kõverdatud torud — kompensatorid, mis võtavad enesele aurujuhtme torude pikene- mise, painduvad ja hoiavad seega auru-



Joon. 18.  
Kompensator.

juhtme terve (joon. 18). Mõningatel juhtudel leiab soojuspaisumise ja kokkutõmbumise jõud tehnikas otsest kasutamist; nii näiteks asetatakse rehvi rattale soojendatud olekus. Kui rehvi jahtub, siis surub ta ratta tugevasti kokku.

Raua ja betooni<sup>1</sup> ühesugune paisumine lubab teha raudbetoon-ehtisi<sup>2</sup>.

Vedelikud paisuvad tunduvalt rohkem kui tahked kehad. 1 liiter toatemperatuuriga vett suureneb ruumalalt 0,0032 l võrra, kui seda soojendada 1° võrra. On täiesti arusaadav, et mingit kinnist anumat täitva vedeliku soojenemisel võib selle rõhk purustada anuma.

Gaasid paisuvad veel rohkem kui vedelikud. Soojendamisel 1° võrra suureneb gaasi ruumala  $\frac{1}{273}$  osa võrra ruumalast, mida omab gaas 0° puhul.

Kui gaas on kinnises anumal, siis ei saa ta ruumala suurenedal, mistõttu gaasi soojenemisel suureneb ta rõhk  $\frac{1}{273}$  osa võrra sellest rõhust, mida gaas omal 0° puhul. Gaasi sisaldaval anumas omal harilikult küllaldaselt tugevust, et pidada vastu gaasi suuren-datud rõhule.

Märkus. Koduste katselist tüüpi ülesannete füüsikaõpikusse paigutamise idee, samuti nagu rida harjutusigi, on võetud S. F. Pokrovski teostest „Vaatlus ja katse kodustes füüsikaülesannetes“ I ja II jagu.

---

<sup>1</sup> Betoon — liiva, kiviprügi, tellisepuru, kruusa jne. segu tsemendi ja veega.

<sup>2</sup> Raudbetoon — ehitusmaterjal, raua ja betooni ühend.

## II peatükk.

### AINE MOLEKULAARNE EHITUS.

**10. Aine ehitus.** Juba kauges minevikus, kaks ja pool tuhat aastat tagasi, tekkis õpetus, millele vastavalt kõik meid ümbritsevad kehad koosnevad väiksemaist osakestest, mida on võimatu vahetult vaadelda; need osakesed on lakkamatus liikumises ja mõjutavad üksteist vastastikku. Nende osakeste liikumise iseloomu ja vastastikuse mõjuga seletatakse paljusid soojusnähtusi ja aine omadusi. Et selle õpetusega tutvuda, vaatleme mõningaid katselisi fakte.

Terasetükist võib valmistada terasplaadikesi ja isegi väga õhukesti lehekesi, mille paksus on 0,003 mm. Kullatükikese võib valtsida leheks, mille paksuseks on 0,0001 mm. Selline kullaleht on niivõrd õhuke, et temast tungivad läbi isegi valguskiired.

Vedelatest kehadest võib saada veelgi õhemaid kihte. Rasvatilk võib veepinnal levida kihina, mille paksus on 0,000001 mm. Need nähtused osutavad, et need osakesed, millest aine koosneb, on väga väikesed.

Teised katsed näitavad, et kehi võib jaotada osakesteks. Suhkrutüki võib saagida või lõhkuda üksikuteks tükikesteks; iga tükike lõhutakse tangidega veel väiksemateks osakesteks. Uhmris või jahvatamise teel võib suhkrutükikesi muuta suhkrupulbriks — tolmsuhkruks, kusjuures iga üksik tolmutükike on väga väike osake, mis säilitab kõik suhkru omadused. Tolmsuhkrut võib lahustada vees, kusjuures igas veetilgas leiduvad mõned suhkruosakesed. Iga keha võib peenestada väikesteks osadeks ühel või teisel viisil. Viilides viiliga rauatükki, saame väikesed rauaviilmed. Mida peenem on viili hammastik, seda peenemad on saadavad viilmed. Iga viilmekükemeke on väike rauatükike. Täpselt samuti võib jaotada väga väikesteks tilgakesteks vedelikku.

Väikseid osakesi, millest koosnevad kõik kehad, nimetatakse molekulideks<sup>1</sup>.

Molekul kujutab endast antud aine väikseimat osakest. Kuigi

<sup>1</sup> Molekul (ladinakeelne sõna) — aine väikseim osake.

molekuli mõõdet mitmesugustel ainetel on erinevad, on nad kõigil aineil väga väikesed.

Molekulide diameetrid moodustavad kümnemiljondikke osi millimeetrist. Kui asetada ritta üksteise kõrvale 10 000 000 molekuli, siis see rida on 1—10 mm pikkune.

Õhu või muu gaasi 1 kuupsentimeetris on 0° ja 760 mm rõhu puhul 27 000 000 000 000 000 000 molekuli.

Me teame, et jahtumisel keha ruumala väheneb. Täpselt samuti väheneb keha ruumala kokkusurumisel.

Neid nähtusi on kerge seletada, kui oletada, et molekulid on igas kehas üksteisest eraldatud vahedega.

Keha soojenemisel suurenevad vahed molekulide vahel; seejuures suureneb keha ruumala — keha paisub.

**11. Molekulidevaheline külgetõmme.** Kui kehad koosnevad molekulidest, mis on üksteisest eraldatud vahedega, mis sunnib siis molekule kokku hoiduma? Miks tahke keha, mis koosneb üksikutest molekulidest, mitte üksnes ei pudene, vaid vastupidi, tuleb rakendada suurt jõupingutust, et eraldada üht kehaosa teisest?

See on seletatav sellega, et molekulide vahel on vastastikune külgetõmme (kohesioon).

Iga molekul tõmbab külge kõiki naaber-molekule ja need tõmbavad külge teda ennast.

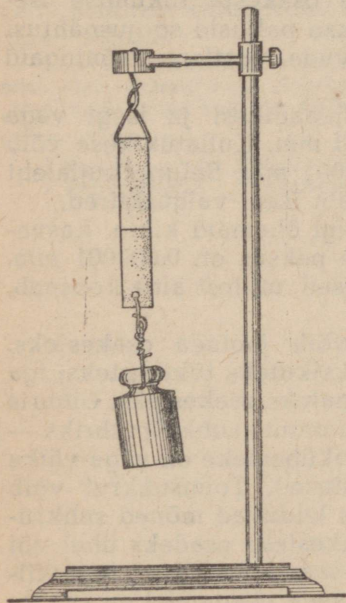
Et tõmmata katki traaditükki, kilustada klaasi, murda teraspuuri, selleks on vaja eraldada üksteisest molekule, on vaja ületada nende külgetõmme.

Molekulidevaheline külgetõmme on ainult siis olemas, kui molekulid on üksteisele väga lähedal.

Kaks elavhõbedakerakest või kaks veetilka liituvad ühiseks tilgaks, kui kerakesed või tilgad teineteisega kokku puutuvad.

Kaks seatinatükki liituvad ühte, kui ühendatud osi lõigati äsja ja siledasti, ja nad mitte ainult ei tule teineteise küljest lahti, vaid nende külge võib isegi riputada küllaltki suure raskuse (joon. 19).

Niisiis, üksikute osakeste vahel, millest keha koosneb, on olemas külgetõmbejõud. Aga kui oletada, et keha osakeste vahel on olemas ainult külgetõmbejõud, siis peaksid osakesed nende jõudude mõjul lähenema vahetu

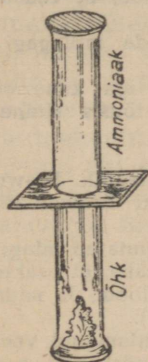


Joon. 19. Külgetõmme seatinast silindrite vahel hoiab rasket vihti.

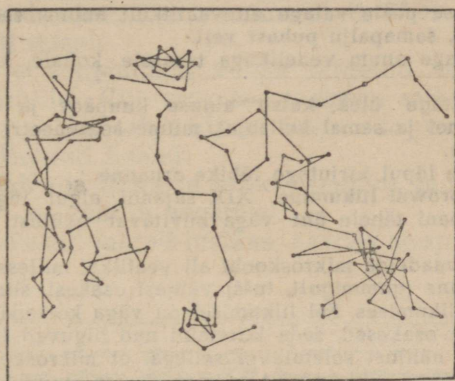
kokkupuutumiseni ja keha poleks võimalik kokku suruda välisjõudude abil. Katse näitab, et kokku suruda võib iga keha, tähendab — osakesed asetsevad mitte tihedalt ligistikku, vaid teatud kaugusel üksteisest. On kindlaks tehtud, et molekulide vahel peale külgetõmbejõudude võivad esineda ka eemaletõukejõud. Osakeste lähenemisel suurenevad need eemaletõukejõud ja seda tunduvalt, mida tugevamini me osakesi üksteisele lähendame. Keha venitamisel saavad ülekaalu külgetõmbejõud, mis teotsevad osakeste vahel.

**12. Molekulide liikumine.** Kui tупpa tuuakse mingi lõhnav keha, siis levib lõhn toas väga kiiresti. See tähendab, et lõhnava keha poolt eraldatud molekulid ei jää paigale, vaid liiguvad igas suunas, levides kogu toas.

On täidetud kaks teineteisest vaheseinaga lahutatud anumad: ülemine — ammoniaagigaasiga, alumine — õhuga (joon. 20). Ja



Joon. 20. Ammoniaagi ja õhu difusioon.



Joon. 21. Browni liikumine.

vaatamata sellele, et õhk on ammoniaagist tunduvalt raskem, leitakse mõlemas anumad mõne aja järel, pärast gaase lahutava vaheseina äravõtmist, nii õhku kui ka ammoniaaki. Uhe gaasi osakesed tungisid teise gaasi osakeste vahele.

Valame kitsa klaasi põhja vasevitriolilahust, peale aga ettevaatlikult, et mitte segada, — veekihi. Puhas vesi on vasevitriolilahusest kergem ja jääb selle peale. Jätnud klaasi mitmeks päevaks rahulikult seisma, märkame, et vasevitrioli osakesed tungivad veekihi ja värvivad aegamisi kogu vee vasevitriolisiniseks.

Uhe keha molekulide iseeneslikku tungimist teise keha molekulide vahele nimetatakse difusiooniks.

Difusiooni näeme mitte üksnes vedelikkudes ja gaasides, vaid ka tahketes keha-

Kui hästipuhastatud seatinaplaati suruda tugevasti vastu kuldplaati, siis mõne aja pärast liituvad plaadid tugevasti ühte. Kui plaadid lõigata põigiti katki, siis ilmneb, et seatina osakesed on tunginud enam kui 1 mm sügavuselt kullasse ja ümberpöördukt. Järelikult olid kulla ja seatina osakesed liikumises.

Meie poolt vaadeldud nähtused osutavad, et **iga keha molekulid on alalises liikumises.**

Õpetust aine ehitusest, mille aluseks on kujutus molekulidest ja nende liikumisest, nimetatakse molekulaar-kineetiliseks teooriaks. Seda õpetust arendas laialt juba XVIII sajandil suur vene teadlane M. V. Lomonossov. Ent ligikaudu 100 aastat tagasi läks ta alles kindlalt teadusesse.

### Harjutus 5.

Valmistage vasevitrioli küllastunud lahus ja täitke sellega kuni poolest saadik menüür, katseklaas või harilik teeklaas.

Lahuse peale valage ettevaatlikult anuma seinu mööda, et vedelikud ei seguneks, samapalju puhast vett.

Asetage anum vedelikuga tasasele kohale, kattes teda millegagi tolmueest.

Kirjutage üles katse alguse kuupäev ja mõõtke iga kahe ööpäeva pärast ühel ja samal kellaajal, mitme sentimeetri võrra tõusis sinine värv ülespoole.

Katse lõpul kirjutage lühike aruanne.

**13. Browni liikumine.** XIX sajandi algul inglise botaanik Brown (loe: braun) pani tähele üht väga huvitavat nähtust, mis sai Browni liikumise nimetuse.

Kui vaadelda mikroskoobi all veetilka, millesse on riputatud mingi lahustumata aine (gummigutt, tušš) väikesi osakesi, siis võib näha, et osakesed on alalises liikumises. Sel liikumisel on väga korrapäratu iseloom. Ja mida väiksemad on osakesed, seda kiiremini nad liiguvad (joon. 21).

Seda nähtust seletatakse sellega, et mikroskoobis nähtamatud vee molekulid liiguvad lakkamatult mitmesugustes suundades ja pörkavad seejuures kokku vette riputatud värviosakestega.

Mikroskoobis nähtavad aine osakesed kujutavad seejuures vee molekulide liikumist, ainult tunduvalt väiksema kiirusega.

Browni liikumine osutab sellele, et molekulid liiguvad korrapäratult — kaootiliselt.

Browni liikumist võib tähele panna ka gaasides. Selleks on vaja asetada mikroskoobi alla klaasseintega väike karbik, mis on täidetud suitsuga. Valgustades suitsu küljelt, võib tähele panna, et suitsuosakesed liiguvad korrapäratult.

### III peatükk.

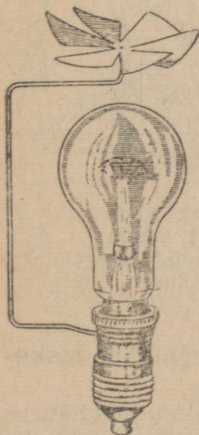
## SOOJUSE EDASIKANDUMINE.

**14. Soojuse edasikandumine.** Elus paneme alati tähele soojuse üleminekut ühelt kehalt teisele.

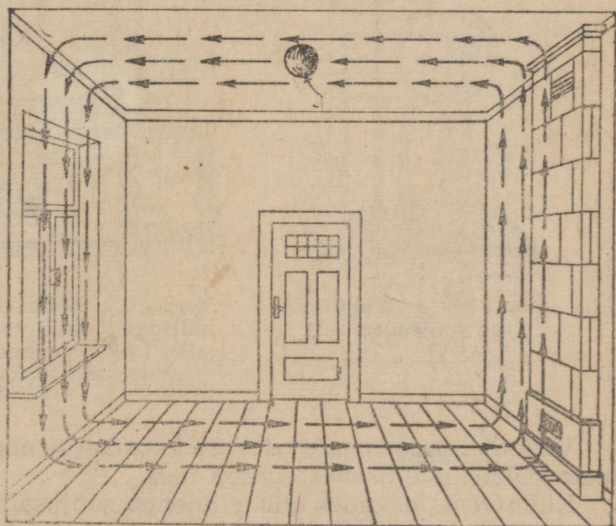
Nii näiteks selleks, et soojendada veega täidetud teekannu, asetame ta palavale pliidile. Kui aga see teekann seisab laual, siis jahtub ta aegamisi — kaotab soojust. Selle soojuse saavad endale teekannu ümbritsevad kehad.

Kõetud ahi soojendab toa õhku ja kõiki esemeid, mis asetsevad toas. Seejuures ahi ise jahtub aegamisi.

Palavas teesse asetatud metall-lusikas, saades soojust teest, soojeneb.



Joon. 22. Tuuleratas  
lambi kohal.



Joon. 23. Õhu konvektsioonvoolude  
suund toas.

Katse näitab, et soojus läheb üle alati enam soojendatud kehadel vähem soojendatud kehadele.

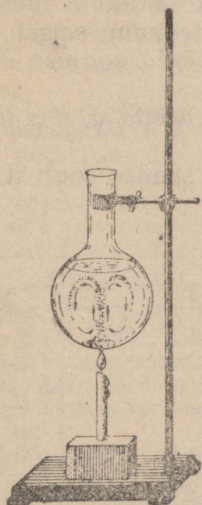
See soojuse üleminek kestab seni, kuni kehade temperatuurid võrdsustuvad.

Soojuse levimine ühtedelt kehadel teistele toimub kolmel erineval viisil, mida me ka järgemööda vaatleme.

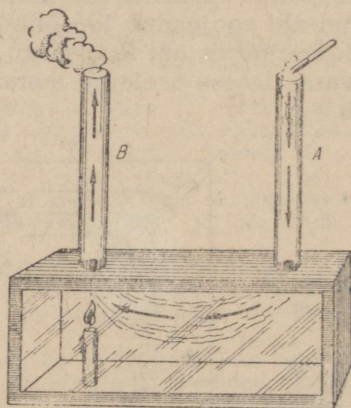
**15. Konvektsioon.** Asetades käe keskkütte radiaatori, pliidi või põleva elektrilambi kohale, märkame, et nende kohal tõusevad üles sooja õhu joad. Väike tuuleratas, mis on asetatud küünla leegi või elektri-laualambi kohale, hakkab tõusva sooja õhu voolust liikuma (joon. 22). Käterätikud, mis kuivavad pliidi kohal, kõiguvad tõusva õhu tõttu. Toas toimub õhu tsirkulatsioon<sup>1</sup> (joon. 23).

Õhk, puutudes kokku sooja ahjuga, soojeneb. Soe õhk kui kergem tõrjutakse raskema, veel soojenemata külma õhu poolt üles. Sel viisil vahetub soe õhk ahju juures külma õhu vastu. Toas toimub sooja ja külma õhu liikumine (ümberasetumine), mille tulemusena toa temperatuur muutub ühtlaseks ning tõuseb.

Samasuguseid nähtusi paneme tähele, kui soojendame vedelikku alt (joon. 24).



Joon. 24. Tsirkulatsioon vee soojendamisel.



Joon. 25. Külmem õhk koos suitsuga laskub toru A kaudu alla, kastis soojeneb ta ja tõuseb toru B kaudu üles.

Vedeliku soojenenud osakesed kui kergemad tõrjutakse raskemate külmemate osakeste poolt üles.

Külm vesi, laskudes alla, soojeneb soojusallika kaudu ja surutakse allalaskuva vähem sooja vee poolt uuesti üles.

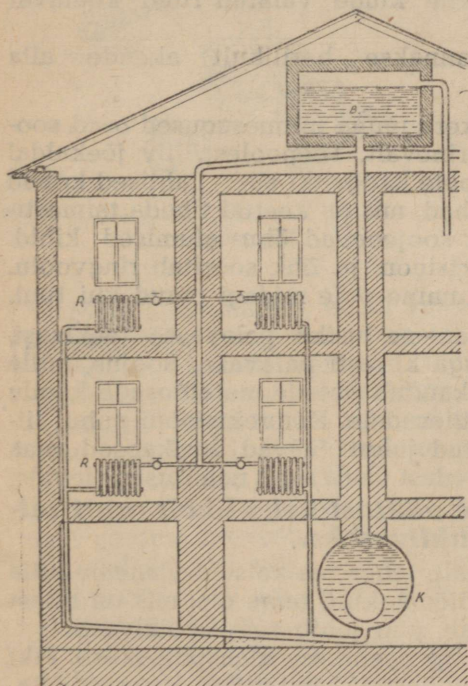
<sup>1</sup> Tsirkulatsioon (ladinakeelne sõna) — ringvool, ringkäik.

Selline sooja ja külma vedeliku ringvool soodustab kogu massi kiiremat ning ühtlasemat soojenemist.

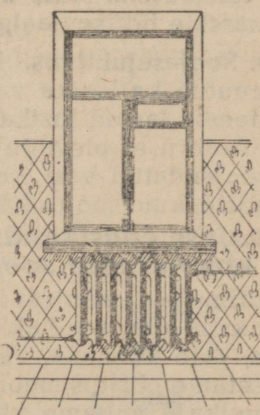
**Soojuse edasikandumist vedela või gaasilise aine kihtide ümberasetumise teel nimetatakse konveksiooniks.**

**16. Millest tekib tõmbus.** Palavad gaasid ahjulõõrides on kergemad kui väline õhk. Nende rõhk on väiksem kui välisõhu rõhk. Seepärast läheb välisõhk alt küttekoldesse, tekitades tõmbust. Mida palavamad gaasid ja mida kõrgemad on suitsukorstnad, seda suurem on soojade gaaside ja õhusammaste kaalude vahe, seda tugevam on tõmbus. Joonisel 25 kujutatud katse selgitab tõmbeprotsessi tekkimist korstnas. Külma õhk laskub alla toru A kaudu ja tõrjub kasti oleva sooja õhu toru B läbi välja.

**17. Vesikeskküte.** Vesiküte on ehitatud järgmiselt. Hoone keldriruumi on paigutatud kinnine katel K (joon. 26), milles soojendatakse vett. Katla ülemisest osast läheb sirge veetõusutoru pööningule. Seal muutub ta väikese kaldega toruks, millest lähtub allapoole läbi hoone tubade rida vertikaalseid torusid. All suubuvad kõik need torud



Joon. 26. Vesikütte skeem.



Joon. 27. Radiatuur.

teise kaldtorusse, mis viib alt katlasse. Vertikaalsete torudega ühendatakse torud, mis viivad tubades asuvate radiaatoriteni R — erikujuliste malmkarpideni, mis on mitmekaua ühendatud (joon. 27). Kogu küttevõrk täidetakse veega. Kütmise tõttu katlas

soojenenud vesi surutakse külma vee poolt vertikaaltoru mööda pööningule, kust satub kaldtorusse ja voolab sealt laiali mööda torusid, mis viivad kõigi korruste radiaatoriteni. Vee ülejääk, mis tekib paisumisest soojenemise tõttu, juhatakse võrdlemisi kitsast toru mööda eri paisumispaaki B, mis asub pööningul. Katla edasisel kütmisel läheb katlast kaldtorusse juba palav vesi.

Palav vesi soojendab radiaatoreid, andes neile osa oma soojusest, ja jahtudes neis, tuleb tagasi katlasse. Radiaatorite juurde pannakse kraanid, mille abil võib sulgeda vee juurdepääsu radiaatorile ja katkestada seega üksiku toa kütmise, kui see on läinud liiga soojaks. Mõnikord pannakse karbitaoliste radiaatorite asemele laiad torud, mille küljes on rida malmribisid.

Mis tähtsus on neil radiaatori karpidel ja ribidel? Võib-olla oleks olnud ainult torude asetamisest küllalt? Sellele küsimusele võib vastata samuti küsimusega: missugune tuba on soojem — kas väikese või suure ahjupindalaga tuba? Vesiküttes suurendavad radiaatorite karbid ja nende külge valatud ribid köetavat pindala tublisti.

Keskkitte radiaatorid pannakse harilikult akende alla (joon. 27).

**18. Kuidas tekib tuul.** Maakera pinna mitmesugused osad soojenevad päikesekiirte mõjul erinevalt. Tõepoolest, liiv jõekaldal on suvel palav, aga vesi jões pole kaugeltki soe. Lahtised kohad soojenevad tugevamini kui kohad, mis on kaetud tiheda taimestikuga. Soojenenud maapinnast soojenevad õhu alumised kihid. Selle tulemusena tekib konvektsioon ja õhk sooritab ringvoolu. Õhumasside horisontaalne liikumine pole midagi muud kui tuul.

**19. Soojusejuhtivus.** Kui paneme lusika palavasse teeklaasi, siis muutub ka lusika vars väga kiiresti palavaks. Soojus, mille saab teesse lastud lusika ots, kandub ühtede metalliosade kaudu edasi naabruses olevaile metalliosadele. Konvektsiooni puhul liikus soojendatud vesi ise. Antud juhul jäävad lusikaosad oma kohtadele, kuid soojus kandub edasi ühelt osalt naabruses olevale.

**Soojuse edasikandumise nähtust keha ühelt osalt teisele nimetatakse soojusejuhtivuseks.**

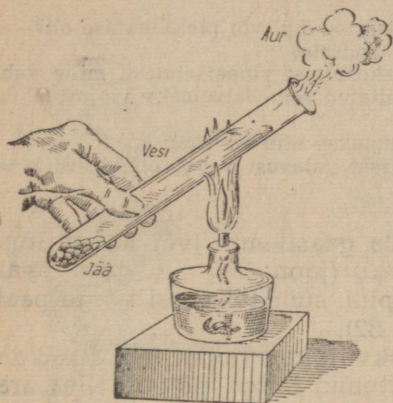
Uurime seda nähtust lähemalt, tehes rea katseid. Paneme tulle puust kepi otsa, see hakkab põlema, kuid teine ots, mis on tulest väljas, jääb külmaks. Tähendab, puu juhib soojust halvasti.

Asetame piirituslambi leegisse peenikese klaaspulgakese. Piki klaaspulka kinnitame vahakuulikesed. Meil tuleb kaua oodata, kuni vahakuulikesed kepikese küljest maha kukuvad. Järelikult ka klaas juhib soojust halvasti.

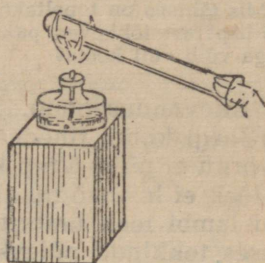
Võtame katseklaasi veega (joon. 28), asetame sellesse jäätükikese, mille peal on koormus, et jää vajuks põhja, ja hakkame soojendama katseklaasi ülemist osa. Vesi hakkab varsti keema, kuid jää katseklaasi põhjas sulab väga vähe. Tähendab, vesi juhib soojust halvasti, samuti nagu puu ja klaaski.

Joonisel 29 on kujutatud katse, mis näitab õhu halba soojusejuhtivust. Kuiv katseklaas pannakse sõrme otsa ja soojendatakse teda, hoides katseklaasi leegis põhjaga ülespoole. Sõrm seejuures soojust peaaegu ei tunnegi.

Kinnitame statiivil asuva korgi külge vask- ja raudtraadi nii, et traatide vabad otsad puutuksid kokku (joon. 30). Kinnitame traatide külge vahaga mõned naelakesed ja juhime ühendatud traatide otsad piirituslambi leegisse. Märkame, et naelakesed hakkavad varsti järk-järgult traatide küljest maha langema, kusjuures vasktraadi küljest langevad nad märksa varem kui raudtraadi küljest.



Joon. 28. Vesi on halb soojusejuht.

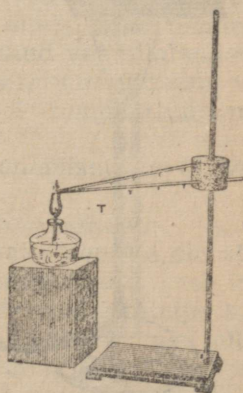


Joon. 29. Õhk on halb soojusejuht.

Meie katse näitab, et nii vask kui ka raud on üldiselt head soojusejuhid, kusjuures vask juhib soojust paremini kui raud.

Niisiis, katsed näitavad meile, et erisuguste kehade soojusejuhtivus on erisugune. Ühed kehad juhivad soojust hästi, teised halvasti. Head soojusejuhid on metallid, parimad nendest on hõbe ja vask. Puu, klaas ja nahk juhivad soojust halvasti. Kõige halvemini juhivad soojust vill, karvad, linnusuled, paber, kartong, asbest, kork ja teised urbsed kehad.

Soojusejuhtivus on väike kõigil vedelikkudel, välja arvatud elavhõbe. Gaasid juhivad soojust veel halvemini kui vedelikud. Vill, vatt, udusuled ja karusnahk on halvad soojusejuhid sellepärast, et nende kiudude vahel on liikumatu õhk. Liikumatu õhk, mis on kahe akna vahel, hoiab tuba kiire jahutamise eest.



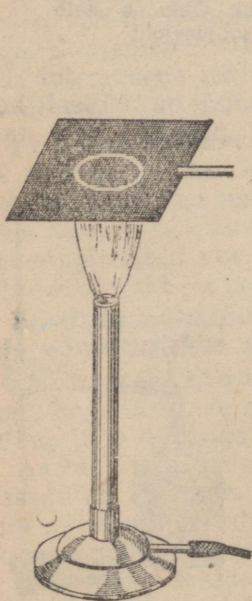
Joon. 30. Vase ja raua soojusejuhtivus.

## Harjutus 6.

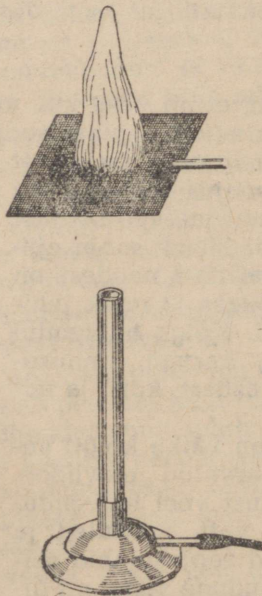
1. Mispärast asetatakse vintpüssi raud puust „pesasse“ ja kaetakse puust liistuga?
2. Mispärast sügav kohev lumi kaitseb taliviljaoraseid külmumise eest?
3. Mispärast õled, heinad ja kuivanud lehed juhivad halvasti soojust?
4. Mispärast tunduvad pakase käes metallesemed külmemana kui puu- esemed?
5. Räägitakse, et kasukas „soojendab“. Kas see väljendus on õige? Mis sünnib jääga, kui see toas katta kasukaga?
6. Missugune vateeritud tekk on soojem — uus või vana äravajunud tekk? Mispärast?
7. Missuguse katuse all on talvel soojem — õlg- või plekk-katuse all?
8. Kuidas mõjub katlakivi vee soojendamisele?
9. Mõnikord tehakse majaseinad kahekordseist vineerseintest, mille vahe täidetakse saepuruga. Miks on selliselt ehitatud sein halvemaks soojusejuhiks kui see sein, mille vahel on ainult õhk?
10. Mis tähtsus on topeltaknail, mis pannakse ette talveks?
11. Mispärast lõhkevad paksud teeklaasid palavast veest, õhukestes klaasides aga võib vett keeta?

**20. Kaevanduselamp.** Kui hoida gaasilambi (või ka piirituslambi) leegi kohal tihedat vaskvõrku (joon. 31), siis gaas pealpool võrku ei põle. Võib ka, vastupidi, süüdata gaasi võrgu peal, nii et leek ei levi võrgu alla (joon. 32).

Kui lambi leek ümbritseda vaskvõrguga (joon. 33), siis kaevanduses tekkinud põlev-gaas, sattunud lampi, põleb selles ära.



Joon. 31. Leek on vaskvõrgu all.



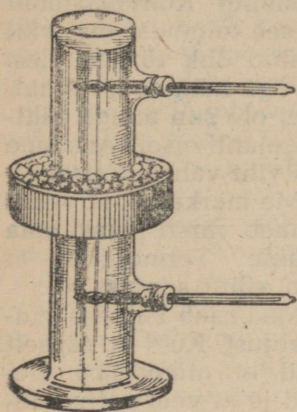
Joon. 32. Leek on vaskvõrgu peal.



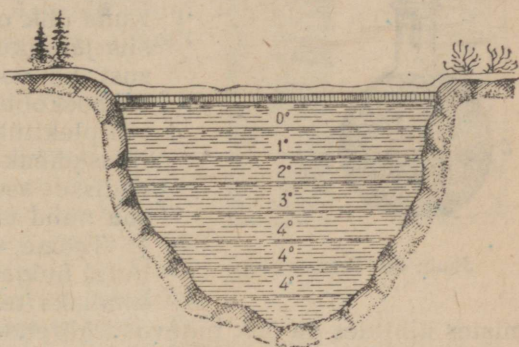
Joon. 33. Kaevurilamp.

Väga hea soojusejuhtivuse tõttu alandab võrk põlemissaaduste temperatuuri kiiresti; need, minnes ümbritsevasse õhku, mis sisaldab plahvatavat gaasi, ei süüta seda. Seesuguseid lampe kasutati kaua kaevandustes. Mõningates kaevandustes kasutatakse neid nüüdki veel.

**21. Vee soojuspaisumise iseärasus.** Silindrikujulisel anumal on küljes kaks ava erineval kõrgusel (joon. 34). Avadesse on pandud kaks termomeetrit. Anumasse on valatud vesi. Keskel on



Joon. 34.



Joon. 35. Vee temperatuur kinnikülmunud järves.

võrk jää jaoks. Pannud võrku jää, jahutame vett anumal ja vaatleme termomeetrite näitusid. Algul märgib madalamat temperatuuri alumine termomeeter, mis osutab jahtunud vee allalangemisele, kuid alates 4° näitab madalamat temperatuuri ülemine termomeeter, alumine termomeeter aga jätkab 4° temperatuuri näitamist.

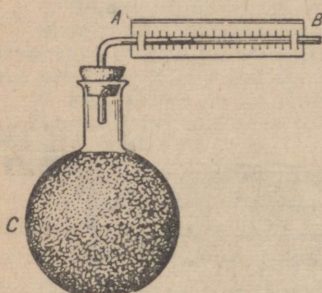
Järelikult, vesi paisub mitte üksnes soojenemisel üle 4°, vaid ka jahtumisel alla 4°.

See näitab, et veel on 4° puhul kõige suurem erikaal.

Vee paisumisel on suur tähtsus vees elavate olendite elu alalhoidmiseks. Tõepoolest, talvel sügavates veekogudes vesi ülal jahtudes laskub alla — põhja. See külma vee allalaskumine kestab ainult seni, kuni vesi muutub külmemaks kui 4°. Sel juhul lõpeb jahtunud vee allalaskumine ja vesi külmub järk-järgult jahtudes pealt kinni. Teatud paksusega jääkiht kaitseb oma halva soojusejuhtivuse tõttu veekogus kogu veemassi külmumast. See tõttu ei külmu küllaltki sügavates veekogudes vesi põhjani (joon. 35).

**22. Kiirgamine.** Asetame korgi abil väikesesse tahmaga kaetud keedupudelisse C (joon. 36) täisnurga all kõverdatud toru AB. Juhime sellesse torusse väikese värvitud vedeliku sambakese. Tehes toru juurde skaala, saame riista — t e r m o s k o o b i, mille abil teeme mõningad katsed.

Lähendame oma termoskoobile kuni 1 m kauguseni tugevasti kuumutatud 2—5 kilogrammi raskuse malmvihi. Näeme, et termoskoobis asetub vedelikusamm A poolt B poole. Nähtavasti soojenes keedupudel is õhk ning paisus.



Joon. 36. Termoskoop.

Mil kombel kandus vihi soojus edasi termoskoobile? Konvektsiooni teel ei võinud see toimuda, sest vihi poolt soojendatud õhk tõuseb üles. Kuna õhk on väga halb soojusejuht, siis järelikult ei ole siin mingit tähtsust ka soojusejuhtivusel. Asetame termoskoobi ja vihi vahele kartongi või plekitüki. Me märkame, et vedelikusambake läheb varsti tagasi oma endisse asendisse. Termoskoop ei saa nüüd enam vihilt soojust.

Teame, et Maa saab Päikeselt tohutul hulgal soojust. Kuid on täpselt kindlaks tehtud, et atmosfääri üle-

mistes kihtides on õhk tugevasti hõrendatud ja et veel palju kaugemal on Maa ja Päikese vahel õhutühi ruum.

Tähendab, Päikese soojus ei saa kanduda edasi konvektsiooni ega soojusejuhtivuse teel, järelikult ta kandub edasi muul viisil.

Uurimused näitavad, et **kui mingi keha kaotab soojust mitte konvektsiooni ja soojusejuhtivuse teel, siis ta kiirgab välja selle soojuse.**

Kui keegi seisab meie ja heledasti põleva lõkke vahel, siis ei tunne meie lõkke soojust, sest soojuskiired ei tule meieni. Tähendab, meie katses termoskoobiga kiirgas soojendatud viht soojust.

Anum kuumat veega jahtub, saates välja kiiri, kuid sama anum külma veega soojeneb päikesekiirte käes.

Kui asetame kiirte teele kartongi, siis ei lase kartong kiiri läbi (ta on neile läbitungimatu) ja soojeneb ise. Seda nägime ka oma katses termoskoobiga.

Kui asetada soojuskiirte teele peegel, siis võib tähele panna, et peegel peegeldab kiiri ja soojeneb ise väga vähe.

Kõik need nähtused osutavad, et soojuskiirte poolt edasiantav soojus levib sirgjooneliselt.

**Soojuse edasikandumist kiirte näol nimetatakse kiirgamiseks.**

Heledad läikivate pindadega kehad peegeldavad kiiri hästi ja soojenevad seetõttu märgatavalt vähem kui tumedate mattpinda-

dega kehad, mis neelavad kiiri; kuid need viimased kehad kiirgavad ka rohkem soojust ja järelkult ka jahtuvad kiiremini.

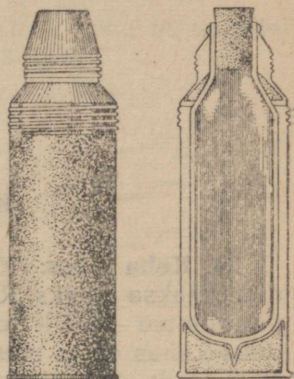
Suvel on heledamais riideis märksa jahedam kui tumedais.

**23. Termos.** Elus on sageli tarvis hoolitseda selle eest, et palav toit, tee, kohv jne. säilitaks võimalikult kaua soojust. Mõnikord aga tuleb hoolitseda, et seesugused ained nagu jää, jäätis, tarretis jne. saaksid ümbritsevatelt kehadel või malikult vähem soojust.

Kõigil neil juhtudel valmistatakse erilised seadised — termos ed, millel on pudeli, kannu, kasti, kapi jne. kuju. Sõltumata kujust on termostel kahekordsed seinad, mille vahel on puuvill, vatt või mingi soojust halvasti juhtiv aine või lihtsalt seinte vahelt eemaldatakse õhk.

Joonisel 37 on kujutatud termos vedelike jaoks.

Nagu joonisest näha, koosneb seesugune termos kahekordsete seintega klaaspudelist. Klaasi sisemine pind on hõbetatud ja pudeli seintevahelisest ruumist on õhk välja pumbatud, pärast seda on klaas kinni joodetud. Seintevaheline õhutühi ruum ei juhi peaaegu sugugi soojust. Et kaitsta klaasi vigastuste eest, paigutatakse pudelid kartong- või metallkestasse. Pudel korgitakse harilikku korgiga ja kruvitakse pealt kinni metallkupilikesega, mida võib kasutada jooginõuna.



Joon. 37. Termos.

### Harjutus 7.

1. Mispärast soojeneb peegel vähe, kui ta peale langevad päikesekiired?
2. Mispärast on termos pudeli klaasosa sisemine pind hõbetatud?
3. Mispärast kantakse suvel heledaid riideid?
4. Missugune teekann jahtub kiiremini — läikiv või tahmunud?
5. Mispärast sulab märdunud lumi linnades kiiremini kui puhas lumi põldudel?
6. Mispärast asetatakse vesikütte radiaatorid toas alla, mitte aga üles?
7. Toatemperatuuriga vette pandi ülalt metallanum jääga. Kas jahtub vesi?
8. Mispärast tehakse kuuma vee paakide kraanide käepidemed puust?
9. Vesivarustuse torud mähitakse külmades kohtades vildiga ja kaetakse laudadega. Mispärast seda tehakse?
10. Mispärast sulab lumi paksu õlekihi all aeglaselt?
11. Kas soojeneb vesi, kui asetada vee peale vasest kausike põleva piiritusega?
12. Õhk juhib soojust halvasti. Mispärast aga jahtuvad õhus palavad esemed?
13. Mispärast kaetakse stratostaadi kest hõbedase värviga?

## IV peatük k.

### KEHA MASS JA KAAL.

**24. Keha mass.** Kõike seda, millest koosneb füüsiline keha, nimetatakse aineks. Raud ja vask, savi ja liiv, vesi ja õhk, puu ja petrooleum — kõik need on mitmesugused ained. Aine hulga mõõduks kehas on ta mass. On arusaadav, et ühe liitri vee mass on 1000 korda suurem kui  $1 \text{ cm}^3$  vee mass. 100 ühesuguse naela mass on 100 korda suurem ühe samasuguse naela massist, — ühe sõnaga, samasuguste kehade massid on seda suuremad, mida suuremad on nende kehade ruumalad.

Kuid võib omavahel võrrelda ka erisuguste kehade masse, näiteks malmitüki massi klaasi vee massiga, puutüki massi toaõhu massiga jne.

Kahe keha massid loetakse võrdseiks, kui nad kangkaaludel tasakaalustuvad.

Kui ühe keha mass võtta massiühikuks, siis ka teise keha mass, mis on tasakaalus esimesega, on samuti võrdne ühikuga.

**25. Massi- ja kaaluühikud.** Massiühikuks on võetud meile juba tuntud plaatina ja iriidiumi sulamist silinder, mida säilitatakse Rahvusvahelises Kaalude ja Mõõtmise Büroos. Sellist massiühikut nimetatakse kilogramm-massiks (lühendatult — *kg*). Ligikaudselt on ta võrdne  $1 \text{ dm}^3$  puhta vee massiga  $4^\circ \text{ C}$  juures.

Praktikas valmistatakse massi etaloonid mitmesuguse suurusega vihtide näol.

Et mõõta mingi keha massi, on tarvis see keha kaalul vihtidega tasakaalustada. Vihtide kehaga tasakaalustatud mass ongi võrdne keha massiga.

Kaaluühikuks võetakse jõud, millega Maa tõmbab külge 1-kilogrammilt massi  $45^\circ$  laiusel ja merepinna tasemel.

Seda kaaluühikut nimetatakse kilogramm-kaaluks (lühendatult —  $1 \text{ kg}$ ). Nagu näitavad katsed, on  $1 \text{ kg}$  massi kaal Maa mitmesugustes kohtades erinev, näiteks Moskvast  $1 \text{ kg}$  massi kaalub  $1,0009 \text{ kg}$ , Leningradis —  $1,0013 \text{ kg}$ , ekvaatoril aga  $0,9980 \text{ kg}$ .

Kuid nagu näitavad toodud arvud, on need erinevused ühe ja sama keha kaalus maakera mitmesugustes kohtades tähtsusetud. Tähendab, arv, mis väljendab keha kaalu  $kG$ -des ja  $G$ -des, on ligikaudselt võrdne arvuga, mis väljendab selle keha massi  $kg$ -des ja  $g$ -des.

Nii näiteks, kui keha mass on  $2,5\text{ kg}$ , siis võib ta kaalu pidada võrdseks  $2,5\text{ kG}$ ;  $100$ -grammise massiga keha kaalub ka umbes  $100\text{ G}$ .

Niisiis, kaalumiseega kangkaaludel määrame keha massi, ning teades massi, võime ligikaudselt määrata ta kaalu.

## V p e a t ü k k .

### SOOJUSE MÕÖTMINE.

**26. Soojushulga ühikud.** Et ahi soojaks kütta, on vaja selles ära põletada küllaldane hulk puid. Kui puid panna vähe, siis soojeneb ahi nõrgalt ja toas on külm.

Iga puuhalg annab põledes ahjule teatud hulga soojust. Mida rohkem põleb ära puid, seda rohkem soojust saab ilmselt ahi ja seda rohkem ta soojeneb. Kuid soojuse hulga üle ei saa otsustada ainult temperatuuri järgi. Tõepoolest, tuline triikraud, mida ei või puudutadaagi, ei kütä ometi külma tuba soojaks, soe ahi või vesikütte radiaatorid aga soojendavad tuba hästi.

Soojendame kahe ühesuguse piirituslambi abil kahte anumad. Uhes anumas on 1 kg vett, teises 2 kg. Märkame, et teises anumas soojeneb vesi vähem, kuigi ühesugused piirituslambid annavad ühesuguseid soojushulki.

Erinevate veehulkade soojendamiseks ühe ja sama kraadini on nõutavad erinevad soojushulgad.

Et osata soojust arvestada, tuleb kokku leppida, missugust soojushulka võtta ühikuks.

**Soojushulga ühikuks on võetud selline soojushulk, mis on vaja anda 1 g veele, et tõsta ta temperatuuri 1° C võrra. Seda ühikut nimetatakse kaloriks (cal).**

Tehnikas, kus on tegemist suurte soojushulkadega, kasutatakse suuremaid ühikuid — kilokaloreid. 1 kilokalor on võrdne 1000 kaloriga.

**Kilokalor (kcal) on soojushulk, mis on vaja anda 1 kg veele, et tõsta ta temperatuuri 1° C võrra.**

Kujutledes selgesti, mis on kalor, pole raske arvutada soojushulka, mis on vajalik ükskõik millise veehulga soojendamiseks. Lahendame mõned näited.

1. Kui palju on vaja kaloreid, et soojendada 5 g vett 25° võrra?

1 g vee soojendamiseks 1° võrra kulub 1 cal.

5 " " " 1° " " 5 cal.

5 " " " 25° " " 125 cal.

2. Mitu kalorit on vaja, et soojendada 100 g vett 15° kuni 50°?

Eelkõige määrame kindlaks, mitme kraadi võrra soojeneb vesi.

Vee temperatuur oli 15°, seda on vaja soojendada kuni 50°.

Järelikult, vee temperatuur tõuseb 50° — 15° = 35° võrra.

Arutledes selle ülesande lahendamisel samuti, nagu on näidatud eespool, leiame, et 100 g vee soojendamiseks 35° võrra on vaja 3500 cal.

### Harjutus 8.

1. Kui lumehange valada ankrutäis sooja vett, siis sulab märksa rohkem lund, kui valades sinna klaasitäis keeva vett. Mispärast?

2. Kui palju kaloreid on vaja 275 g vee soojendamiseks 20° kuni 40°?

3. Kui suurt veehulka võib soojendada 15° kuni 35°, andes selleks 8000 cal?

4. Missuguse temperatuurini soojeneb 300 g vett, mille temperatuur on 20°, kui vesi saab 600 cal?

5. Milline temperatuur oli 25 kg veel, kui temperatuur pärast seda, kui vesi oli saanud 300 kcal, tõusis 30°-ni?

6. Kui palju on vaja soojust, et soojendada 300 m<sup>3</sup> suurune veekogu 10° võrra?

7. Hästi õhutatava laboratooriumi soojendamiseks kulub tunnis ligi 1000 kcal. Kui palju vett on vaja igas tunnis keskkütte radiaatoreisse, kui vesi läheb radiaatoreisse temperatuuriga 80° ja väljub neist temperatuuriga 72°?

**27. Soojusmahtuvus.** Soojendades kahel ühesugusel piirituslambil kahte ühesugust anumad, milledest ühte on valatud 1 kg vett, teise aga on pandud 0,5 kg vett ja tükk seatina, massiga 0,5 kg, märkame, et teises anumad soojenevad vesi ja seatina kiiremini kui esimeses. Siit järgneb, et seatina soojendamiseks teatud kraadide arvuni on vaja vähem soojust kui sama veehulga soojendamiseks sama kraadide arvuni.

Võtame kolm laia katseklaasi ja asetame esimesse klaasi 100 g seatina-haavleid, teise 100 g raualaaste või rauapuru, kolmandasse aga 100 g alumiiniumitükikesi. Soojendame kõiki kolme katseklaasi keevas vees kuni 100°. Kuni katseklaasid soojenevad, võtame kolm teeklaasi ja valame igaühesse 100 cm<sup>3</sup> toatemperatuurilist (15°) vett. Kui katseklaasid ja nende sisu on soojenenud, puistame ühte teeklaasi kuumutatud haavlid, teise rauapuru, kolmandasse alumiiniumitükikesed. Segades vett, märkame, et vesi soojenes klaasides ebaühtlaselt.

Seatinahaavlid soojendasid vee peaaegu kuni 18°, s. o. 3° võrra. Rauapuru soojendas vee peaaegu kuni 23°, tähendab 8° võrra. Alumiiniumitükikesed soojendasid vee peaaegu kuni 30°, järelikult 15° võrra.

Sellest katsesest võime järeldada:

Ühesuguse temperatuurini soojendatud mitmesuguste metal-

lide võrdsed hulgad annavad veele jahtudes mittevõrdseid soojushulki.

Arvutanud, kui palju annab soojust ära igaüks neist metallidest jahtudes 1° võrra, leiame, et seatina annab veele peaaegu 3,1 cal, raud umbes 11 cal ja alumiinium 21 cal.

Võrreldes saadud tulemusi, tuleme järeldusele, et jahtudes ühe ja sama kraadide arvuni, annavad erinevad ained ära erineva hulga soojust.

Katsed näitavad, et ka mitmesuguste ainete võrdsete hulkade soojendamiseks ühe ja sama kraadide arvuni on vajalik erinev soojushulk: nii näiteks nõuab alumiinium peaaegu 7 korda enam soojust kui niisama suur hulk seatina.

**Soojushulka, mis on vajalik keha soojendamiseks 1° C võrra, nimetatakse antud keha soojusmahtuvuseks.**

Katsete alusel võime järeldada, et soojusmahtuvus 100 g seatinal on 3,1 cal, 100 g raual 11 cal ja 100 g alumiiniumil 21 cal.

On täiesti arusaadav, et soojusmahtuvus sõltub mitte üksnes keha aine omadustest, vaid ka antud keha massist. Et soojendada suurt raudkatelt, on vaja rohkem soojust kui väiksemamõõtelise katla soojendamisel sama temperatuurini.

Et oleks võimalik võrrelda mitmesuguste ainete soojusmahtuvust, arvutatakse **soojushulk, mis on vajalik 1 g aine soojendamiseks 1° C võrra, ja nimetatakse seda suurust aine erisoojuseks.**

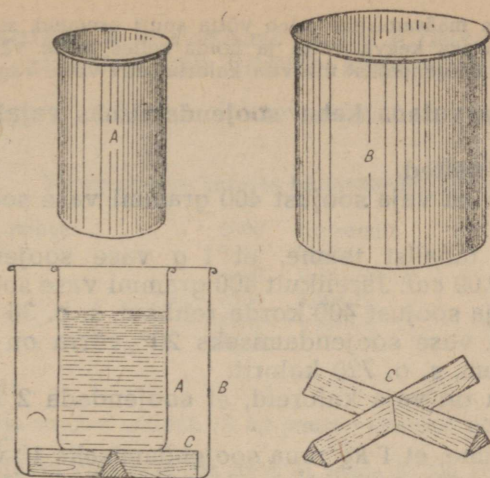
Erisoojust mõõdetakse kalorites grammi ja kraadi kohta  $\left(\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{kraadi}}\right)$

Kalori definitsioonist järeneb, et vee erisoojus on  $1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{kraadi}}$ .

Erisoojuste tabel	$\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{kraadides}}$	või	$\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{kraadides}}$
Alumiinium . . . . .	0,21	Klaas . . . . .	0,15
Seatina . . . . .	0,03	Puu . . . . .	0,57
Vask . . . . .	0,09	Piiritus . . . . .	0,58
Tsink . . . . .	0,09	Õli . . . . .	0,40
Valgevask . . . . .	0,09	Vesi . . . . .	1,00
Raud	} . . . . . 0,11	Petrooleum . . . . .	0,50
Malm			
Teras			

**28. Tahkete kehade erisoojuse määramine.** Soojushulga mõõtmiseks mitmesuguste soojusprotsesside puhul kasutatakse erilist riista — kalorimeetrit.

Kalorimeeter koosneb kahest anumast A ja B, mis on valmistatud õhukesest valgevaskplekist (joon. 38). Seesmine anum on asetatud nii, et tema ja välimise anuma vahele jääb õhukiht; välimise anuma põhja on pandud alustena korgi- või puutükikesed (ristjalg C).



Joon. 38. Kalorimeetri ehitus.

Tahkete kehade erisoojus määratakse järgmisel viisil. Valatakse kalorimeetrisse teatud hulk vett, mõõdetakse selle temperatuur ja lastakse sellesse vette uuritava keha, mis on soojendatud teatava temperatuurini (üle kalorimeetris oleva vee temperatuuri). Vesi kalorimeetris soojeneb, vette lastud keha aga jahtub seni, kuni vesi kui ka keha on ühesuguse temperatuuriga.

Teades vee ja uuritava aine massi, nende algtemperatuuri ja ühist temperatuuri pärast katset, võib arvutada aine erisoojuse.

Näide. 200-grammine metallitükk, soojendatud kuni  $100^{\circ}$ , lasti 400 grammi vette, mille temperatuur oli  $12^{\circ}$ . Selle tagajärjel tõusis vee temperatuur kalorimeetris kuni  $20^{\circ}$ . Leida antud metalli erisoojus.

Lahendus. 400 g vett soojenes  $8^{\circ}$  võrra, milleks kulus  $1 \cdot 400 (20 - 12) = 3200 \text{ cal}$ . Järelikult niisama palju kaloreid andis ära metall, mis jahtus  $80^{\circ}$  võrra. Metallitükk kaotas jahtudes iga kraadi kohta  $\frac{3200}{80} \text{ cal}$  ja metalli iga gramm kaotas jahtudes  $1^{\circ}$  võrra  $\frac{3200}{80 \cdot 200} = 0,2 \text{ cal}$ .

Järelikult, antud metalli erisoojus on  $0,2 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{kraadi}}$ .

### Harjutus 9.

Metallitükk, mille temperatuur oli  $100^{\circ}$  ja mass 1000 g, lasti 200  $\text{cm}^3$  vette, mille temperatuur oli  $10^{\circ}$ . Vee temperatuur tõusis kuni  $21^{\circ}$ . Milline on antud metalli erisoojus?

29. Laboratoorne töö nr. 2. Töö eesmärk — määrata aine erisoojus.

Kasutades eelmises paragrahvis toodud kätse kirjeldust ja erisoojuse määramise viisi, koostada plaan, kuidas teie laboratooriumi tingimustes saab määrata raua, vase, portselani või mingi muu aine erisoojust.

Kui erisoojuse määramiseks tuleb võtta suuri esemeid, siis on tarvis esepanna soojendamiseks keeva vette ja hoida selles mitte vähem kui 10—15 minutit. Ese tuleb soojendajast üle viia kalorimeetri vette väga kiiresti.

### 30. Kuidas arvutada keha soojendamiseks vajalikku soojushulka?

Lahendame näited.

1. Kui palju on vaja soojust 400 grammi vase soojendamiseks 20° võrra?

Erisoojuste tabelist teame, et 1 g vase soojendamiseks 1° võrra on vaja 0,09 cal. Järelikult 400 grammi vase soojendamiseks 1° võrra on vaja soojust 400 korda rohkem, s. o. 36 cal.

400 grammi vase soojendamiseks 20° võrra on vaja soojust 20 korda rohkem, s. o. 720 kalorit.

2. Kui palju on vaja kaloreid, et soojendada 2 kg rauda 18° kuni 345°?

Tabelist leiame, et 1 kg raua soojendamiseks 1° võrra on vaja 0,11 kcal, 2 kg raua soojendamiseks 1° võrra on vaja 0,22 kcal.

Kuna aga meilt nõutakse raua soojendamist mitte 1° võrra, vaid 345° — 18° = 327° võrra, siis on kokku vaja 71,94 kcal.

Kõigis toodud näiteis, et arvutada mingi keha soojendamiseks tarvisminevat soojust, korrutame me antud aine erisoojuse keha massiga ja kraadide arvuga, mille võrra keha soojenes.

Kui märkida tähega Q soojushulka, tähega c erisoojust, tähega m soojendatava keha massi, tähega t<sub>1</sub> keha algtemperatuuri ja tähega t<sub>2</sub> keha lõpptemperatuuri, siis võib keha soojendamiseks kuluva soojushulga arvutamise eeskirja märkida üles järgmise valemi kujul:

$$Q = cm (t_2 - t_1)$$

#### Harjutus 10.

1. Kaks ühesugust vaskkuulikest, mis olid soojendatud ühe ja sama temperatuurini, visati: üks veeklaasi, teine klaasi, kuhu oli valatud niisama palju petrooleumi. Kumb soojeneb kõrgema temperatuurini — vesi või petrooleum?

2. 300-grammise massiga vaskkastrul mahutab 1 liitri vett. Kui palju on vaja soojust, et selles kastrulis soojendada vett 15°-st kuni 100°?

3. Kui palju vajatakse soojust, et soojendada 1 m<sup>3</sup> liiva (erikaal 1,5  $\frac{G}{cm^3}$  10°-st kuni 70° (liiva erisoojus on 0,2  $\frac{cal}{g \cdot kraadi}$ )?

4. Kui palju on vaja kaloreid, et soojendada toa õhku 0°-st kuni 22°? Toa ruumala on 60 m<sup>3</sup>, õhu erisoojus on 0,24  $\frac{cal}{g \cdot kraadi}$ , õhu erikaal on 0,0013  $\frac{G}{cm^3}$ .

5. Arvutada, mitme kraadi võrra soojeneb 500 grammi vett, kui lasta sellesse 500 g vaske, mis jahtub vees 80°-st kuni 20°-ni.

**31. Kütuse kütteväärtus.** On teada, et erisugused kütused annavad põledes erinevaid soojushulki.

Mitmesuguste kütuste hindamiseks ning võrdlemiseks on tähtis teada, kui palju soojust saab teatud hulga, näit. 1 kg kütuse põlemisest.

**Soojushulka, mis eraldub 1 kg kütuse täielikul ärapõlemisel, nimetatakse kütuse kütteväärtuseks.**

Mitmesuguste kütuste kütteväärtus on toodud järgmises tabelis:

Mitmesuguste kütuste kütteväärtus		$\frac{kcal}{kg}$ -des
Kuivad puud umbes . . . . .	3000	Antratsiit . . . . . 8000
Turvas . . . . .	3400	Nafta . . . . . 10 500
Pruunsüsi . . . . .	4000	Petrooleum } . . . . . 11 000
Kivisüsi . . . . .	7000—7500	Bensiin } . . . . . 34 000
Piiritus . . . . .	7200	Vesinik . . . . .
Puusüsi . . . . .	8000	

**Harjutus 11.**

1. Kui palju soojust eraldub 15 kg puusöe täielikul põlemisel? 200 g piirituse põlemisel?

2. Kui palju on vaja põletada puid, et saada 36 000 kcal soojust?

3. Mitme kraadi võrra oleks olnud võimalik soojendada 2 kg vett 10 g piirituse täielikul ärapõlemisel, kui piirituse põlemisel tekkinud soojus oleks tervenisti läinud vee soojendamiseks?

**32. Laboratoorne töö nr. 3. Töö eesmärk — arvutada soojushulk, mille saab vesi soojenedes piirituslambil 1 g piirituse ärapõlemisel.**

**Tööjuhend.** Valanud mingisse metallnõusse teatud hulga teadaoleva temperatuuriga vett, soojendame vett piirituslambil. Teades vee temperatuuri enne katse algust ja pärast katset ning soojendatava vee hulka, on kerge arvutada, mitu kalorit soojust sai vesi.

Kaaluks piirituslambi ühes piiritusega enne katse algust ja pärast katset, määrame kindlaks ärapõlenud piirituse hulga.

Teades ärapõlenud piirituse hulka ja kalorite arvu, mille sai vesi, võib arvutada, mitu kalorit annab piirituslamp 1 g piirituse põlemisel.

Koostage vastav tabel ja kandke sinna kõik oma mõõtmiste ja arvutuste tulemused.

**33. Soojendaja kasutegur.** Kui võrrelda laboratoorse töö tulemust tabeli andmetega, siis näeme, et saadud kalorite arv, mille annab 1 kg piiritust põledes piirituslambis, osutub tabeli arvust 7200 tunduvalt väiksemaks. Mitte kõik soojus, mis eraldus piirituse põlemisel, ei läinud vee soojendamiseks: osa soojust kulub toa õhu soojendamiseks, osa anuma soojendamiseks, milles oli vesi, osa kolmjala ja piirituslambi enda soojendamiseks. Kõiki neid kulutusi laboratoorse töö juures ei arvestatud.

**Kasulikult ärakulutatud soojushulga suhet kogu ärakulutatud soojushulgaga nimetatakse soojendaja kasuteguriks.**

Soojendaja kasutegur väljendatakse harilikult protsentides.

**Harjutus 12.**

1. Leida priimuse kasutegur, kui priimuses 4 liitri vee soojendamisel 20°-st kuni 75°-ni põles ära 50 g petrooleumi.

2. Milline on teemasina kasutegur, kui selles 6 liitri vee soojendamiseks 12°-st kuni 100°-ni on vaja 0,15 kg puusütt?

3. Petrooleumpriimuse kasutegur on 30%. Kui palju on vaja põletada petrooleumi, et soojendada 3 liitrit vett 15°-st kuni keemiseni?

## VI peatükk.

### AINE OLEKU MUUTUMINE.

**34. 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  $0^{\circ}$  kõvaks jääks. Jää, mis on külma käest tупpa toodud, sulab, muutudes veeks. Kristallilise joodi soojendamisel tekivad violetsed aurud, mis, sadestudes neid sulgeva katseklaasi seintele, muutuvad tahketeks joodikristallideks. Soojendamises vett võime vee muuta auruks, aga jahutades auru saame taas vee.

**35. Sulamine ja tahkumine.** Aine üleminekut tahkest olekust vedelasse olekusse nimetatakse *sulamiseks*. Aine üleminekut vedelast olekust tahkesse olekusse nimetatakse *tahkumiseks*.

Selleks et jää hakkaks sulama, on küllalt, kui teda tuua külma käest sooja tупpa. Naftaliinikristallid, mis harilikus temperatuuris on tahkes olekus, sulavad, kui kristallidega täidetud katseklaas asetada keeva vette. Inglis- või seatinatükke võib sulatada raudlusikas, kuumutades seda piirituslambil või priimusel. Vase, raua ja malmi sulatamiseks on vaja väga kõrget temperatuuri, mis saadakse eriahjudes. Järelikult, erisugused ained sulavad erinevatel temperatuuridel.

Õuest külma käest tупpa toodud jää või lume temperatuur on alla  $0^{\circ}$ . Toas soojeneb jää aegamisi, temperatuur tõuseb kuni  $0^{\circ}$ -ni. Siis hakkab jää sulama, kuid termomeetri elavhõbedasamas ei tõuse üle  $0^{\circ}$ , kuni pole sulanud kogu jää. Kui kogu jää on sulanud, siis hakkab elavhõbe tõusma, näidates, et jääst tekkinud vesi soojeneb. Tähendab, jää sulab täiesti kindlal temperatuuril.

***Temperatuuri, mille juures 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 tahkub samal temperatuuril, millel ta sulas;
- 5) tahkumisprotsessi 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
Inglistina . . . . .	232	Plaatina . . . . .	1767
Raud, tehniline . . . . .	1170—1440	Volfram . . . . .	3370
Raud, puhas . . . . .	1525	Süsinik . . . . .	3500
Portselan . . . . .	1550		

**36. Laboratoorne töö nr. 4. Töö eesmärk — naftaliini sulamis- ja tahkumispunkti määramine.**

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

#### Tööjuhend.

Katseklaas ühes naftaliinipulbriga, milles on termomeeter, tuleb asetada vette, mida soojendada piirituslambi väikesel leelgil (joon. 39).

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 40).

Saadud joonis näitab, mis on toimunud naftaliiniga tema soojendamisel.

Naftaliini soojendamisel toimub järgmist:

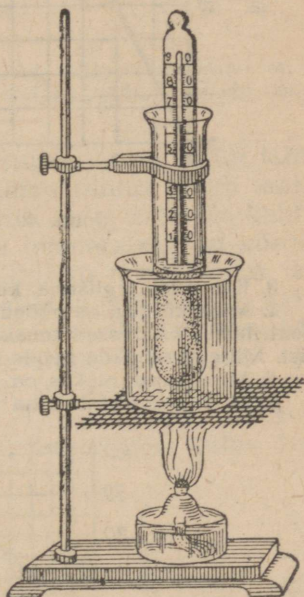
- 1) naftaliin soojeneb sulamispunktini — tahke naftaliini temperatuur tõuseb; 2) naftaliin sulab — temperatuur ei muutu; 3) sulanud naftaliin soojeneb; 4) naftaliin võeti piirituslambilt — naftaliin jahtub; 5) naftaliin tahkub — ta temperatuur ei muutu; 6) tahkunud naftaliin jahtub.

#### Harjutus 13.

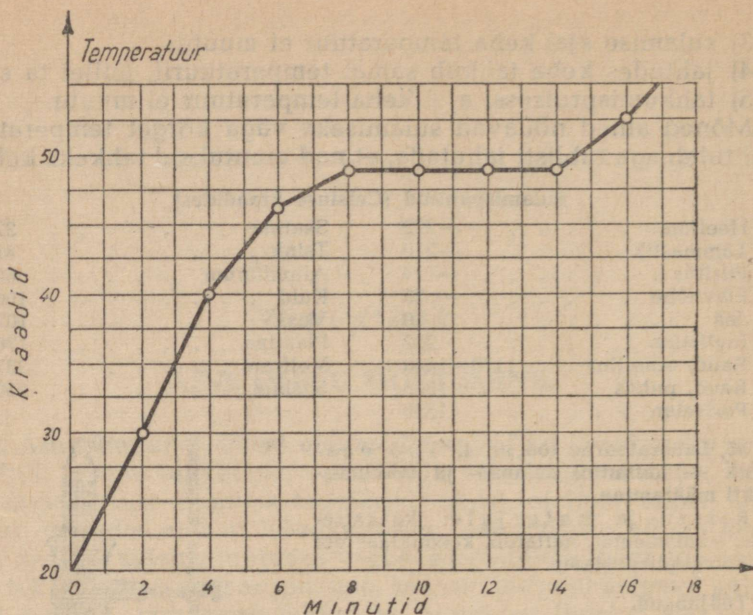
1. Joonisel 41 on antud tahke keha temperatuuri muutuse graafik.

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

2. Mispärast kasutatakse külmates rajoonides välisõhu temperatuuri mõõtmiseks piiritustermomeetreid, mitte aga elavhõbetermomeetreid?

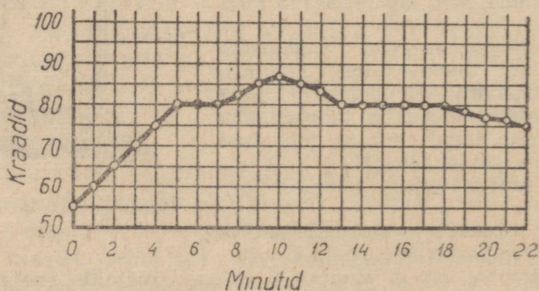


Joon. 39. Naftaliini sulatamine.



Joon. 40. Naftaliini sulatamise graafik.

3. Kas sulab inglistina, kui teda visata sulatatud seatinasse?
4. Mida kõrgem on hõõguva keha temperatuur, seda heledamalt ta kiirgab. Elektrilambi niidikesed tehakse metallidest: volframist, tantaalist või iriidiumist. Millega seletada nende metallide kasutamist elektrilambi niididena?
5. Missuguses olekus on piiritus  $-120^{\circ}$  temperatuuril?
6. Missuguses olekus on tehniline raud  $1500^{\circ}$  temperatuuril?



Joon. 41. Keha soojenemise graafik.

**37. Sulamissoojus.** Kui soojendada plekknõu, milles on lund, siis sulab lumi, kuid ta temperatuur jääb  $0^{\circ}$  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 piiritus-

lambi poolt antud soojus kulub 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 . . . . .	42	Piiritus . . . . .	26

**Harjutus 14.**

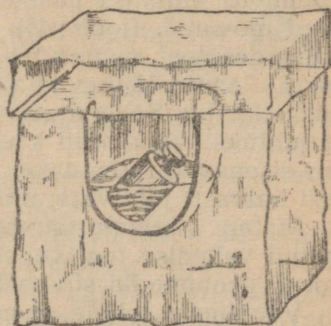
1. Mitu kalorit on vaja, et sulatada 4 kg jääd, mille temperatuur on 0°?
2. Kui palju vajatakse kaloreid 20 g seatina sulatamiseks, kui selle temperatuur enne soojendamist on 12°?

**38. Soojuse eraldumine tahkumisel.** Sulatatud naftaliini jahtumisel temperatuur langeb. Niipea kui temperatuur jõuab tahkumispunktini, lõpeb temperatuuri langemine, kuigi naftaliin kahtlemata jätkab soojuse kaotust, kuna tema temperatuur on kõrgem teda ümbritseva õhu temperatuurist. Naftaliini temperatuur jääb muutumatuks, kuni on tahkunud kogu naftaliin. Niipea kui naftaliin on tahkunud, hakkab ta temperatuur uuesti langema. Mispärast aga ei langenud naftaliini temperatuur tahkumise ajal? Seepärast, et tahkumisel eraldub soojus ja see soojus asendab soojuse kao naftaliini ümbritsevasse ruumi. Täpsed katsed näitavad, et aine eraldab tahkumisel selle soojushulka, mis kulub tema sulamiseks.

**Harjutus 15.**

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 jões kaugemal?
3. Kui suur hulk soojust vabaneb 125 kg vee muutmisel jääks 0° puhul?
4. 5 liitrisse vette, mille temperatuur oli 40°, asetati 3 kg jääd. Kui palju jääd sulab ära?

5. Asetage pliidile kaks plekknõu. Uhte 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.

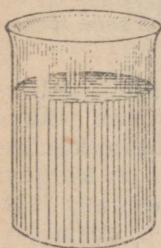


Joon. 42.

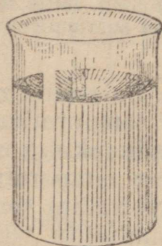
6. Valgevasest 1-kg-ne kaaluvihit, mis soojendatud  $100^{\circ}$ -ni, on pandud  $0^{\circ}$ -lisse jäässe tehtud süvendisse (joon. 42). Mitu grammi jääd sulab ära, kui vihi temperatuur langeb  $0^{\circ}$ -ni?

**39. Ruumala muutumine sulamisel ja tahkumisel.** Visanud sulatatud parafiinisse tükikese tahket parafiini, märkame, et ta vajub anuma põhja — upub. Järelikult on tahke parafiin raskem kui vedel. Sulatame oma anumasse kogu parafiini ja märgime ära saadud vedeliku ülemise taseme (joon. 43). Pärast seda, kui parafiin on anumasse hangunud, märkame, et ülal on tekkinud nõgu (joon. 44). Hangunud parafiin võtab järelikult enda alla väiksema ruumala kui sula parafiin.

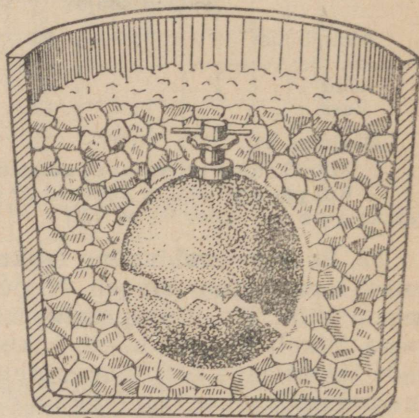
Katsed näitavad, et enamik aineid tahkumisel väheneb ruumalalt. Erandiks sellest reeglist on ainult vähesed ained, näiteks jää ja malm.



Joon. 43.



Joon. 44.



Joon. 45. Veega täidetud malmpommi lõhkemine.

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 malmpommid, lõhkesid need pommid (joon. 45). Vesi, tungides kivide pragudesse ja külmudes seal, suurendab järk-järgult neid pragusid ja purustab kivid. Samuti lõhkevad veetorstiku torud, kui neis vesi juhtumisi külmub. Sellepärast võetakse tarvitusele abinõusid, et seda ei juhtuks: välistorud kaevatakse sügavasse maasse, torud aga, mis sisenevad ruumidesse külmades kohtades, ümbritsetakse soojast halvasti juhtivate ainetega.

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

Vaatamata sellele, et malm tahkumisel paisub, tuleb malmtoodete jaoks teha vormid suuremad, kui seda on valatava detaili mõõdet, sest et malm tahkub  $1130^{\circ}$  temperatuuril, aga pärast, jah-

tudes normaaltemperatuurini, tõmbub tugevasti kokku. Seda nähtust nimetatakse kahanemiseks.

**40. Sulamine ja tahkumine aine molekulaarehituse õpetuse alusel.** Me nägime, et tahketes kehaes on külgetõmme molekulide vahel väga suur. On vaja tunduvat jõupingutust, et tahke keha ühte osa eraldada teisest. Tahke keha säilitab oma kuju. Tahke keha molekulid ei liigu kaootiliselt naabermolekulide vahel, vaid ainult võnguvad korrapäratult teatud tasakaaluasendi ümber. 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. Paisumist võib seletada sellega, et tahke keha soojenemisel suureneb molekulide võngete sagedus ja ulatus. Külgetõmme molekulide vahel seejuures nõrgeneb. Keskmised kaugused tasakaaluasendite vahel kasvavad ja keha ruumala suureneb.

Lõpuks, molekulide liikumisenergia teatud suuruse puhul, mis on täiesti kindel iga keha kohta, hakkavad tahke keha molekulid liikuma teiste molekulide vahel kaootiliselt, korrapäratult. Seejuures muutub tahke keha vedelikuks, sulab.

Jahtumisel toimub kirjeldatud nähtus vastupidises järjekorras. Vedeliku jahtumisel molekulide keskmine liikumise kiirus väheneb. Teatud liikumise kiiruse puhul hakkavad molekulid vastastikuse külgetõmbejõu mõjul teatud korras paigale jääma. Toimub vedeliku tahkumise protsess.

**41. Aurumine.** Märja lapiga puhastatud klaastahvel kuivab väga kiiresti: vesi muutub auruks — aurub. Samuti kuivavad põrandad peale pesemist, märg pesu, mis on 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, siis on toas igal pool tunda bensiini lõhna. See tuleb sellest, et bensiin aurub ja tema aurud 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 tähelepanepandav, 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 jahe 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 vaigse ilmaga.

Käsitletud 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 auruvälisel 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 lehitades seda, laseme eetril auruda. Termomeetri temperatuur langeb järsult ja laskub alla 0°. Need nähtused tõendavad, et ka aurumiseks on vajalik soojus. Auruv vedelik jahtub, kui ta ei saa juurde soojust.

#### Harjutus 16.

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

Täitke uuesti sama katseklaas veega ja asetage ta vaikesse kohta (näit. kapi otsa), andes veele võimaluse auruda katseklaasist. Märkige üles katse alguse kuupäev ja tund.

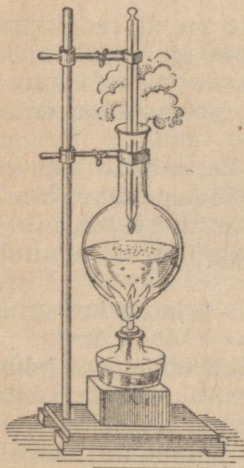
Kui taldrikult on aurunud kogu vesi, kirjutage aeg uuesti üles.

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.



Joon. 46. Vee keemine.

**42. Keemine.** Soojendades piirituslambi kohal kolbi veega, võib täheldada, et kolvi seintele ilmuvad väikesed mullikesed, mis tõusevad üles. See on õhk, mis oli vees. Kui vesi on küllaldaselt soojenenud, hakkavad kolvi põhjast tõusma suured mullid. 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 kolvis (joon. 46). Vee temperatuur kolvis ei tõuse rohkem, kuigi piirituslamp soojendab kolbi.

**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 auruks muutmiseks.

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

**Mitmesuguste vedelikkude keemissoojused normaalse õhurõhu puhul**

	$\frac{cal}{g}$ -des või	$\frac{kcal}{kg}$ -des.	
Vesi . . . . .	539	Eeter . . . . .	90
Ammoniaak, vedel . . . . .	330	Elavhõbe . . . . .	68
Piiritus . . . . .	202		

Vaadeldes seda tabelit näeme, et suurim keemissoojus on veel.

43. Laboratoorne töö nr. 5. Töö eesmärk — temperatuuri muutuste vaatlemine vee soojenemisel ja keemisel.

**Tööjuhend.**

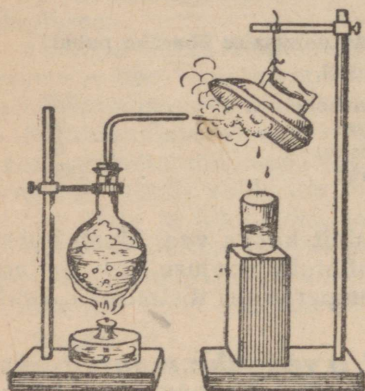
Valage keeduklaasi teatud hulk 40°—50°-ni soojendatud vett. Laske statiivi külge riputatud termomeeter vette ja soojendage veega täidetud klaasi, märkides üles temperatuuri iga minuti järel. Kui vesi keema hakkab, laske tal keeda 5 minutit, siis lõpetage soojendamine. Jätkake temperatuuri ülesmärkimist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

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

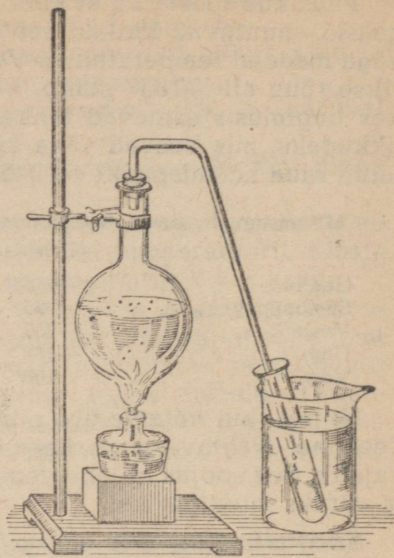
44. **Auru kondenseerumine.** Kui suunata veeauru juga vastu külma eset (joon. 47), siis sellega kokku puutudes muutub aur veeks. Auru muutumist vedelikuks nimetatakse *auru kondenseerumiseks*.

Asetades katseklaasi külma veeklaasi ja lastes sinna auru keedupudelilist (joon. 48), näeme, et sattudes katseklaasi, aur kondenseerub, vesi klaasis aga soojeneb.

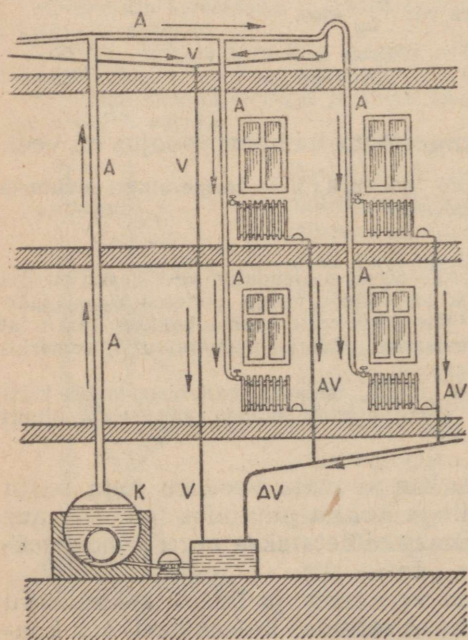
Auru kondenseerumisel vabanevat soojust võib kasutada mitmesuguste kehade soojendamiseks, näiteks auruküttes (joon. 49), kus vee asemel lastakse torusse auru.



Joon. 47.



Joon. 48.



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

Joon. 49. Aurukütte skeem.  
A — aur; V — vesi; AV —  
aur ja vesi.

## Harjutus 17.

1. Asetage pliidile või priimusele väike lahtine kastrul või plekktos veega ja soojendage teda keemiseni. Jälgige hoolega, mis toimub vees soojenemise ajal.

Pange tähele, et keemahakkamise algul vesi ähmastub. Mispärast?

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

2. Mispärast 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 muuta ta auruks?

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 raudradiaatorit, mille mass on 10 kg, 10°—90°?

**45. Keemispunkti sõltuvus rõhust.** Ajame vee keema väikeses keedupudelis ja laseme teda jahtuda 80°—70°-ni. Asetame keedupudeli õhupumba kupli alla ja pumpame 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 kolb, milles keeb vesi, ja kustutada viivitamata piirituslamp, siis, nagu näitab katse, jätkub keemine mõnda aega, kuigi vesi jahtub.

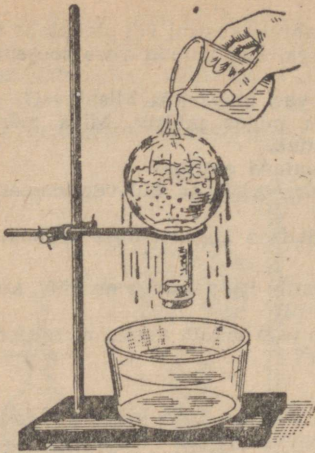
Niipea kui keemine klaasis lõpeb, võib seda uuesti esile kutsuda. Selleks on vaja kolb pöörata põhjaga ülespoole, valada ta üle külma veega (joon. 50) või veel parem — panna kolvi põhjale tükk jääd.

Aurud, mis on kolvis, kondenseeruvad, jahtudes jää mõjul, rõhk klaasis väheneb ja külm vesi hakkab keema. Järelikult, kui vähendada rõhku vedelikule, siis langeb ta keemistemperatuur.

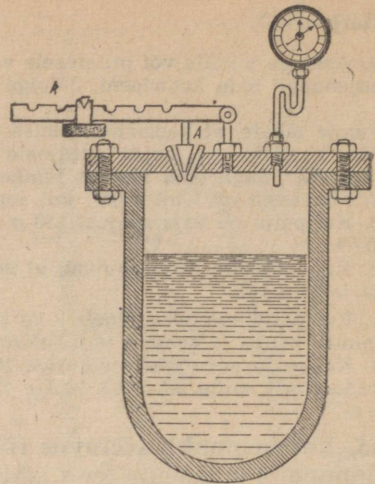
Rõhu suurendamisega võib tunduvalt tõsta keemistemperatuuri. Selleks kasutatakse tihedasti sulgivate kaantega katlaid. Kaanesse on tehtud klapp, mis on suletav metallkorgiga (joon. 51). Metallkang *R*, mille külge on riputatud viht, rõhub korgile ja ei lase seda kaane avast välja tulla. Kui auru rõhk 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.

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 kõrge rõhuga katelde auruga oma instrumente, kuna on selgunud, et mitte kõik mikroorganismid ei sure 100° temperatuuril, vaid mõnede jaoks on vajalik kõrgem temperatuur. Haiglates desinfitseeritakse riideid, pesu, sidematerjale jne.



Joon. 50. Vee keetmine vähendatud rõhu all.



Joon. 51. Katel kõrgendatud rõhu all keetmiseks.

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

Rõhk atmosfäärides	Auru temperatuur °C	Rõhk atmosfäärides	Auru temperatuur °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 18.

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

**46. Auru tekkimine ja kondenseerumine aine molekulaarehituse õpetuse alusel.** Korrapäratust liikumises pörkavad molekulid üksteisega kokku, kusjuures 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 molekule liigub kiirusega, mis erineb vähe niinime-

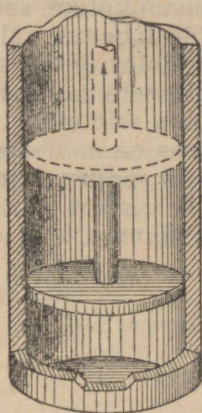
tatud keskmisest kiirusest, mille suurus sõltub vedeliku temperatuurist.

Molekule, mis on vedeliku pinnal, hoiab kinni vedelikus olevate lähis-molekulide külgetõmme. Kuid mõned molekulid lendavad vedeliku pinnale säärase kiirusega, et nende energia on küllaldane vastastikuse külgetõmbejõu ületamiseks. Need molekulid lendavad vedelikust õhku — vedelik aurub. Selliste vedelikust lahkunud molekulide kogu moodustab auru.

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



Joon. 52.



Joon. 53.

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 energia ning läheb lõpuks nii suureks, et auru tekimine toimub mitte üksnes pinnal, vaid ka vedeliku sees.

Auru molekulid eralduvad väikestesse õhumullikesse, mis on vees; aur suurendab oma elastsusega nende mullikeste ruumala, rõhk neis muutub võrdseks välisrõhuga ja mullikesed tõusevad üles. Vedelik keeb. Keeva vedeliku temperatuur jääb kogu keemise ajaks muutumatuks.

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.

**47. Gaasi rõhk.** Asetame õhupumba kupli alla õhukese kummikotikese õhuga (joon. 52).

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

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

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

Kui gaas on anumasse suletud liikuva seinakese abil, mis esineb näiteks soojusmasinate silindrites (joon. 53), millesse on asetatud kolb, siis kui gaasi rõhk kolvile on suurem välisrõhust, hakkab kolb liikuma.

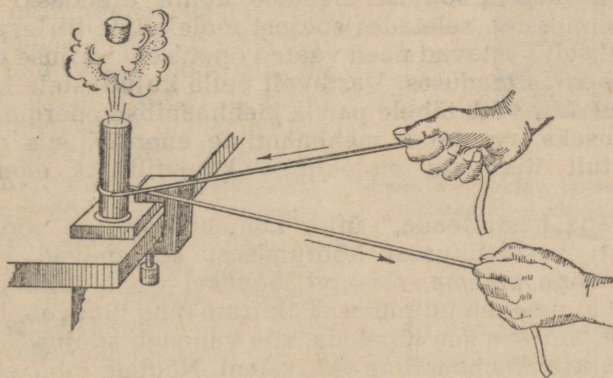
---

## VII peatükk.

### MEHHAANILISE ENERGIA MUUNDUMINE SOOJUSEKS JA SOOJUSE MUUNDUMINE MEHHAANILISEKS ENERGIAKS.

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

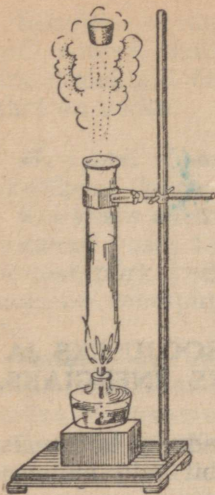
Ka meie igapäevane kogemus näitab, et hõõrumisel tehtud töö arvel tekib soojus; töö juures soojeneb saag, eriti siis, kui ta hambad on halvasti murtud, sojenevad halvasti määritud rattateljed, noa teritamisel käiaga soojeneb nuga, soojeneb viil mingi toote viilimisel. Igaüks meist võib tuua palju mitmesuguseid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



Joon. 54. Hõõrumistöö muundumine soojuseks.

Valame vett või eetrit õhukesesse valgevasesse torusse ja suleme ta tihedasti korgiga. Kinnitanud toru puuklambriga, hõõrume nõõriga kiiresti ta pinda. Hõõrumisest toru soojeneb, temas olev vedelik hakkab keema ja aur viskab korgi pealt ära (joon. 54).

Valame katseklaasi pisut vett ja suleme ta korgiga. Soojendamisel lükkab katseklaasis tekkinud aur korgi pealt ära (joon. 55).



Joon. 55. Korgi väljatõukamisel teeb aur tööd.

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 püssirohugaaside kõrgendatud rõhu, mis paiskab kuuli püssist välja. Soojuse arvel, mis tekib kütuse põlemisel, teeb aur veduri aurumasinat tööd ja paneb liikuma rongi.

Arutletud näited tõendavad, et mehhaaniline energia võib muunduda soojuseks, soojus aga mehhaaniliseks energiaks.

**49. Soojuse olemus.** Nägime, et hõõrdumisjõu ületamiseks tehtava töö juures mehhaaniline energia muundub soojuseks. Teame samuti, et mehhaaniline energia on seotud kehade liikumisega. Oletame, et hõõrdumise tõttu jääb liikuv keha seisma. Keha mehhaaniline 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 nüüdisaegses teaduses. Vastavalt neile kujutlustele kõigi nähtuste puhul, kus võib tähele panna mehhaanilise energia muundumist soojuseks, muundub mehhaaniline energia, mis oli kehal, korrapäratult liikuvate molekulide kineetiliseks energiaks — soojuseks.

„On väga hästi teada,“ ütles Lomonossov, „et soojus tekib liikumisest: vastastikuselt hõõrumisest 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.“

**50. Soojuse mehhaaniline ekvivalent.** Nägime juba, et töö juures võib mehhaaniline energia üle minna soojuseks. Meie katses valgevasesse 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 rohkem tehakse tööd.

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

**Mehhaanilise energia hulka, mis on ekvivalentne<sup>1</sup> ühe kilokalori soojusega, nimetatakse soojuse mehhaaniliseks ekvivalentiks.**

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

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

Järelikult: soojuse mehhaaniline ekvivalent on võrdne

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

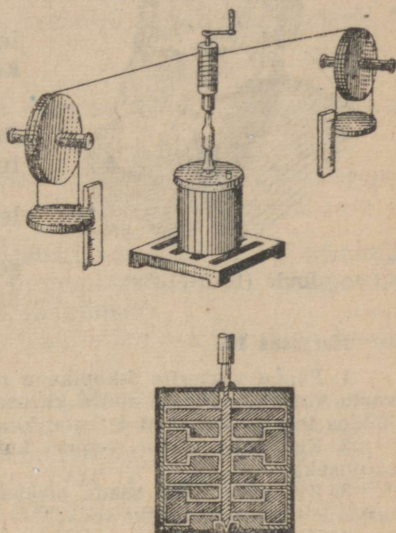
**51. Joule'i (loe: džauli) katse.**

Üks Joule'i katseid soojuse mehhaanilise ekvivalendi määramise alal on järgmine:

Erilist kalorimeetrit läbib telg, mis on varustatud külgmiste tiivakestega; tiivakestel on ribad ja labidakeste kuju (joon. 56). Kalorimeetri külgmisele seinale on kinnitatud väljalõigetega vaheseinad, mis takistavad kalorimeetrisse valatud veel 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 nõõri; nõõrid on visatud üle kahe liikumatu ploki. Iga nõõri 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 veemassi ja tema temperatuuri muutumist, määratakse saadud soojushulk. Saadud andmetest leitakse mehhaaniline ekvivalent.

Et anda kujutlust sellest, kuidas tehakse arvutusi, oletame, et kalorimeetrisse oli valatud 2 kg vett. Temperatuuri tõus katse tulemusena oli 0,28°. Kaks vihti, millest kumbki kaalus 10 kG, langesid 60-sentimeetriselt kõrguselt 20 korda.



Joon. 56. Joule'i katse soojuse mehhaanilise ekvivalendi määramiseks.

<sup>1</sup> Ekvivalentne (ladina keelest) tähendab samaväärne.

Nende sooritatud töö võrdub:

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

Saadud soojus on võrdne:

$$1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{kraad}} \cdot 2 \text{ kg} \cdot 0,28 \text{ kraadi} = 0,56 \text{ kcal}.$$



Joule (1818—1889).

Arvutame, kui palju tööd on vaja 1 kcal saamiseks:

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

Järelikult mehhaaniline ekvivalent moodustab 429 kGm 1 kcal kohta.

Joule ise sai 423 kuni 425 kGm. Parandused, mis tehti Joule'i arvutustes, andsid mehhaanilise ekvivalenti jaoks arvu 427  $\frac{\text{kGm}}{\text{kcal}}$ , mis nüüd-

sel ajal on teaduses võetud soojuse mehhaanilise ekvivalenti suurusena.

### Harjutus 19.

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 mehhaanilist energiat, kui 5 kcal muundatakse tervenisti mehhaaniliseks tööks?

4. Kuivõrd soojeneks 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 laagrikausid, kui telgi küllaldaselt ei määrata?

**52. Energia jäävuse ja muunduvuse seadus.** Alati, kui 1 kcal soojusenergiat muundub mehhaaniliseks energiaks, saame 427 kGm mehhaanilist energiat; kui aga 427 kGm mehhaanilist energiat muundatakse soojusenergiaks, siis saame 1 kcal soojusenergiat. Järelikult, soojusnähtuste juures täheldatakse mitte üksnes ühe energia liigi muundumist teiseks, vaid nende muunduste juures, samuti nagu seda nägime mehhaaniliste 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 ühelt kehalt võetakse midagi ära, siis sama palju lisatakse teisele juurde. Tähendab, kui ühes kohas aine mõnevõrra väheneb, siis täpselt niisama palju suureneb see teisel. See üldine loodusseadus haarab ka liikumisi, sest keha, mis annab oma liikumise edasi teisele, kaotab niisama palju liikumist, kuipalju annab edasi teisele.“

#### Harjutus 20.

1. Kui palju võib saada mehhaanilist energiat, kui 5 kcal muundatakse tervenisti mehhaaniliseks tööks?
2. Mispärast õhk paisudes jahtub?
3. Arvutada soojuste kulu 1 HJ saamiseks tunnis, eeldades, et kogu soojus läheb kasulikuks tööks.

**53. M. V. Lomonossov.** Arhangelski randlase poeg Mihhail Vassiljevits Lomonossov sündis 20. novembril 1711. a. Denissovka külas, mis asetses 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 täiendama. 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 põhialuste, aine jäävuse seaduse ja energia jäävuse ning muundumise seaduse alal jõudis ta oma kaasaegseist kaugele ette.

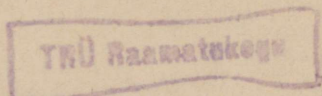
Kogu oma eluaja võitles M. V. Lomonossov kodumaise vene teaduse arendamise eest, hariduse juurutamise eest vene rahva laiadest kihtidesse.

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

M. V. Lomonossov oli sügavasti veendunud selles, et

„Siis kõigis veene võtab võimust,  
et ilmuda ka vene hõimust  
võib Platoneid ja Newtoneid“.

M. V. Lomonossov suri 1765. a.



## VIII peatükk.

### SOOJUSJÕUMASINAD.

**54. 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.

Lihtsate ning väga ebatäiuslike tööpinkide ja masinate käitamiseks kasutati paljude sajandite jooksul kas inimeste ja loomade tööd või tuule (näiteks veskites) ja voolava vee energiat (vesirattad, joon. 57).

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

XVIII sajandil leiutatakse aurumasinad: Polzunov<sup>1</sup> — Venemaal ja Watt<sup>2</sup> Inglismaal.

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

1834. aastal ehitati Uraalis, Nižne-Tagilis, esimene raudtee Venemaal. Sellel teel pani rongid liikuma Tšerepanovite<sup>3</sup> vedur (joon. 58), mida võib pidada nüüdisaegse veduri (joon. 59) eelkäijaks.

Esimesed aurumasinad olid väga ebatäiuslikud. Püüe parandada aurumasinate konstruktsiooni, ja mis peamine, tõsta nende

<sup>1</sup> Polzunov, I. I. — sõduri poeg, meister Siberi kaevandustes.

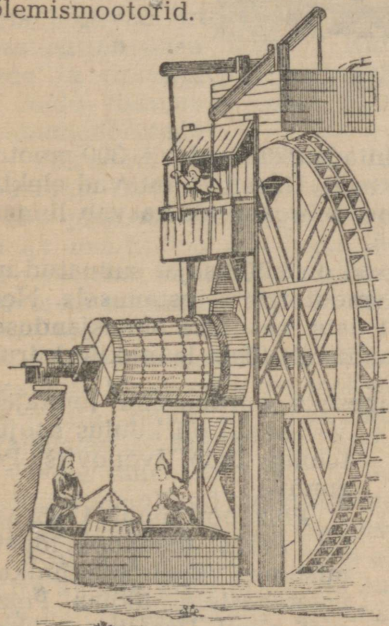
<sup>2</sup> Watt — lukksepp, omandas iseõppimise teel suuri teadmisi.

<sup>3</sup> J. A. ja M. J. Tšerepanovid — isa ja poeg — mehhaanikud Nižne-Tagili mäetehastes.

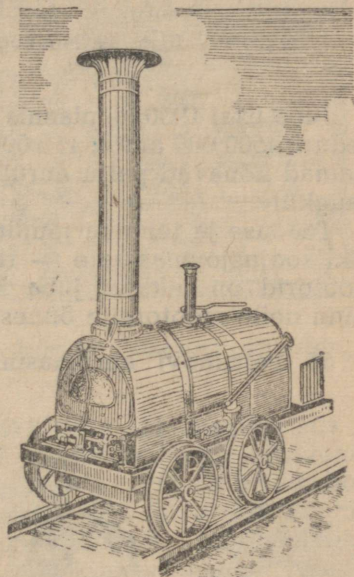
kasutegurit, virgutab teadlasi hoolikalt uurima soojusnähtusi. Selle uurimise tulemusena parandati aurumasinaid tunduvalt, peale selle leiutati uusi jõumasinaid.

Aurumasinad on soojusjõumasinad. Soojusjõumasinais muundatakse kütuse põlemisel saadud soojusenergia mehhaaniliseks energiaks.

Soojusjõumasinate hulka kuuluvad auruturbiinid, mida kasutatakse laialt elektrijaamades ja laevadel. Autodes, traktorites, tankides, lennukites, dirižablites ja allveelaevades töötavad sise-põlemismootorid.



Joon. 57. Vanaaegne joonis vesirattast, mida kasutati kaevandustes šahtidest maagi tõstmiseks.

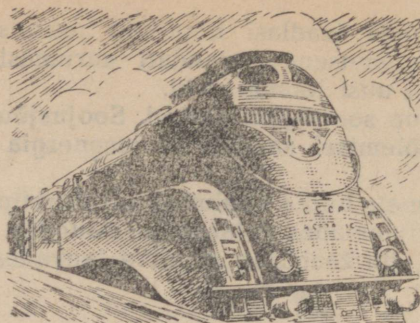


Joon. 58. Tšerepanoviite vedur.

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

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

Rahvamajanduse taastamise ja arendamise (1946.—1950. a.) viie aasta plaani järgi oli ette nähtud ehitada 7230 km uusi raudteeliine, 11 500 km uusi autoteid ja kuni 175 000 km võrra pikendada lennukite poolt teenindatavaid õhuliine.



Joon. 59. Nõukogude voolujooneline vedur.

Juba üksi 1950. a. plaanis oli ehitada 2200 vedurit, 300 mootorvedurit, 500 000 autot, 112 000 traktorit. Uuesti ehitatavad elektri- jaamad 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.

**55. Polzunovi aurumasin.** Esimeseks aurumasinena leiutajaks Venemaal oli kuulus soojus- tehnik Ivan Ivanoviš Polzunov.



I. I. Polzunov (1728—1766).

Polzunov sündis 1728. aastal. Pärast mäekooli lõpetamist, mis valmistas tehnikuid mäetehastele, töötas Polzunov algul Uraalis „mehhaanika õpilasena“, siis Altais „sihtmeistrina“ — meistrina, kelle ülesandeks oli valvata „sihti“ (särdamispanuse) järele, s. o. kõrgahjudesse pandavate materjalide koostise järele.

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

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

Polzunovi aurumasin pani tehases liikuma võimsad õhupuhumise lõõtsad.

Joonisel 60 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 jõumasinaaks, s. o. masinaaks, mis kõlbas mis tahes töö tegemiseks. Kaks silindrit kindlustasid masina pideva ja ühtlase töö.

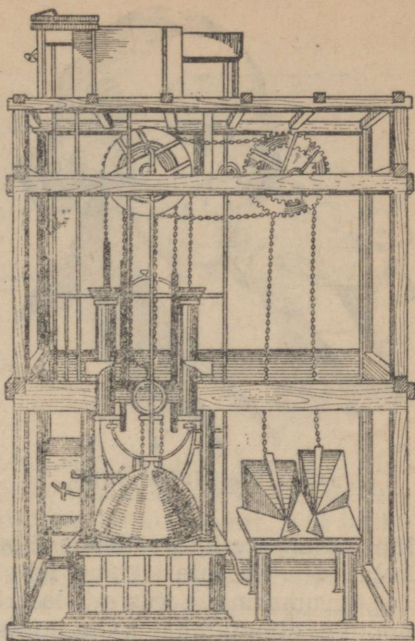
Polzunovi masin töötas tehases mitu kuud, selle aja jooksul ta mitte ainult lunastas oma valmistamise kulud, vaid andis ka veel tunduvat kasu. Väikesi rikkeid mehhanismis, mis on täiesti loomulikud uuele masinale, ei parandanud pärast Polzunovi surma keegi ja masin jäi seisma, heideti kõrvale ning unustati.

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

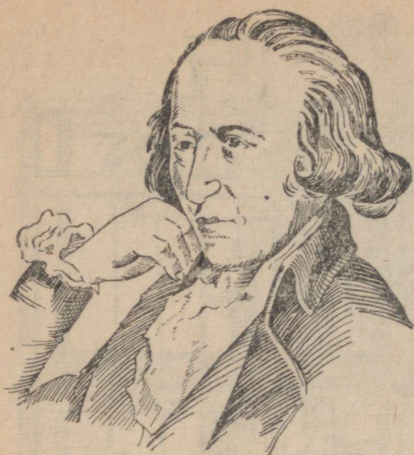
**56. Watti aurumasin.** 18 aastat pärast Polzunovi surma ehitas 1784. aastal inglise mehhaanik James Watt aurumasin, mis võeti tööstuses laialdaselt kasutusele.

Glasgow (loe: glaazgou) ülikooli töökoja mehaanik James Watt õppis ametit algul oma isa tiseritöökojas ja töötas seejärel õpilasena Glasgow mehhaanikatöökojas, kust lahkus hea mehhaanikuna. Töötades mehhaanikuna ülikoolis, oskas Watt leida aega, et saada soliidseid teadmisi matemaatika ja füüsika alalt. See aitas temal mitte üksnes leida ja kõrvaldada puudusi enne teda leiutatud aurumasin, vaid ka luua niisugune aurumasin, mille olulisemad osad pole tänini peaaegu muutunud. 1784. a. sai Watt oma leiutatud masinale patendi. Watti masinas rõhub aur kolvile vaheldumisi kord ühelt, kord teiselt poolt.

Vaatleme sellise aurumasin ehitusskeemi. Joonisel 61 on näha



Joon. 60. Polzunovi aurumasin.



James Watt (1736—1819).

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

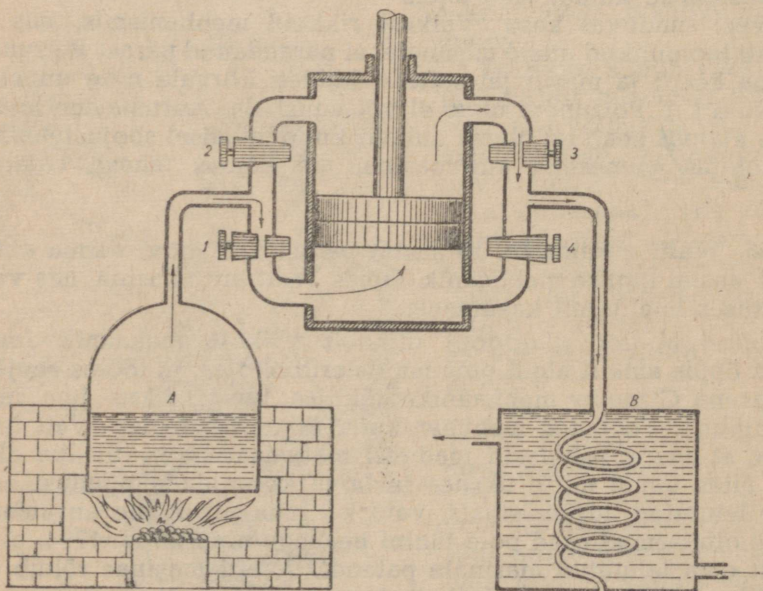
Olgu antud momendil avatud kraanid 1 ja 3, suletud aga kraanid 2 ja 4. Aur läheb katlast *A* läbi kraani 1 silindrisse ja tõstab kolvi üles. Tarvitatud aur, mis on silindri ülemises osas, läheb läbi kraani 3 kondensaatorisse *B*, kus kondenseerub. Kui kolb jõuab silindri ülemise otsani, tuleb avada kraanid 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.

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

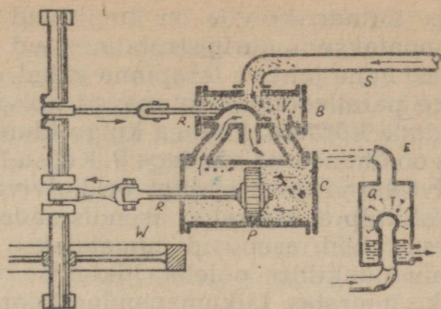
**57. Aurujaotusseadis.** Käsiaurujaotaja asemel ehitas Watt automaatse aurujaotaja, mis kannab aurusiibri nimetust.

Silindri *C* pinnale tehakse niinimetatud aurusiibri karp *B*, mil-

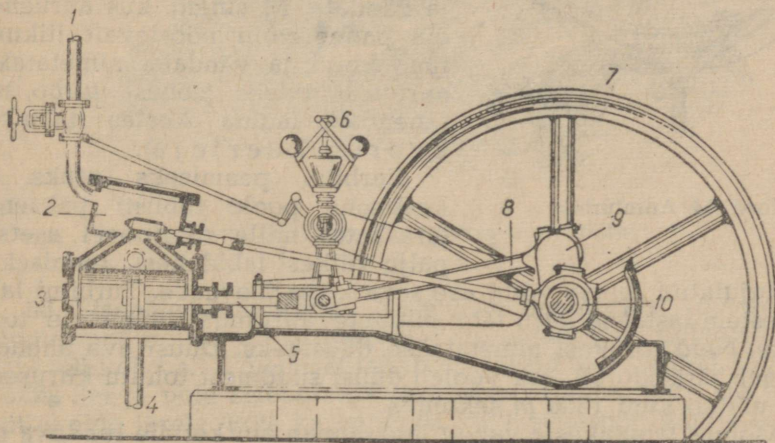


Joon. 61. Kahe poolega töötav aürumasin.

les on liikuv erikujuline keha V — aurusiiber (aurusiibri karbi sees — joon. 62). 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 tarvitatud aur läheb silindri vasakust poolst 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 paremale, tarvitatud aur aga läheb parempoolse kanali ja temaga ühenduses oleva kondensaatori kanali *E* kaudu kondensaatorisse.



Joon. 62. Aurujaotusseadis.

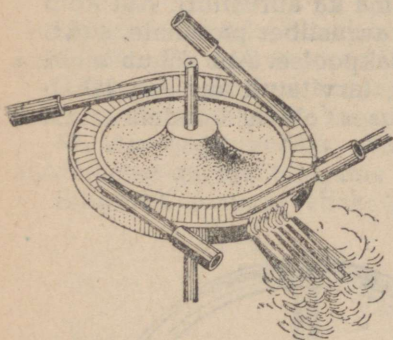


Joon. 63. Translaatorse (kulgeva) liikumise muutmise pöörlevaks liikumiseks. 1 — aurujuhe; 2 — aurusiibrikarp; 3 — silinder; 4 — auru ärajuhtiv toru; 5 — kolvivarv; 6 — regulaator; 7 — hooratas; 8 — keps; 9 — vânt; 10 — ekstsentrisk, mis paneb liikuma aurusiibri.

**58. Sirgjoonelise liikumise muutmise pöörlevaks liikumiseks.** Joonisel 63 näeme, kuidas kolvi sirgjooneline liikumine muudetakse võlli ja tema külge kinnitatud hooratta pöörlevaks liikumi-

seks. Silindri kolvile on kinnitatud varb-kolvivars 5. Kolvivars ühendatakse liuguriga, niinimetatud ristpeaga, mis liigub edasi ja tagasi kahe juhtiva tasapinna vahel. Need tasapinnad, mida nimetame paralleelideks, suunavad kolvivart, 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 kolvivars, keps ja vânt 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 inertsiga 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. 64. Auruturbiin.

**59. 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 pöörlevalt liikuma ilma kolvi ja vändata, nimetatakse auruturbiinideks (sõnast *turbo*, mis tähendab ladina keeles tuulekeeris, keerleja).

Turbiini peamiseks osaks on keskkohta poole tublisti paksenev terasketas, mille ringjoonel asetseb palju väikesi labidakesi. Joonisel 64 on kujutatud sellise võllil asetseva ketta ülevaade. Turbiini labidakestele lastakse auru läbi mitmete aurujuga suunavate torukeste. Neid torukei nimetatakse düüsideks. Düüsi ava ahendus laieneb järk-järgult, 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.

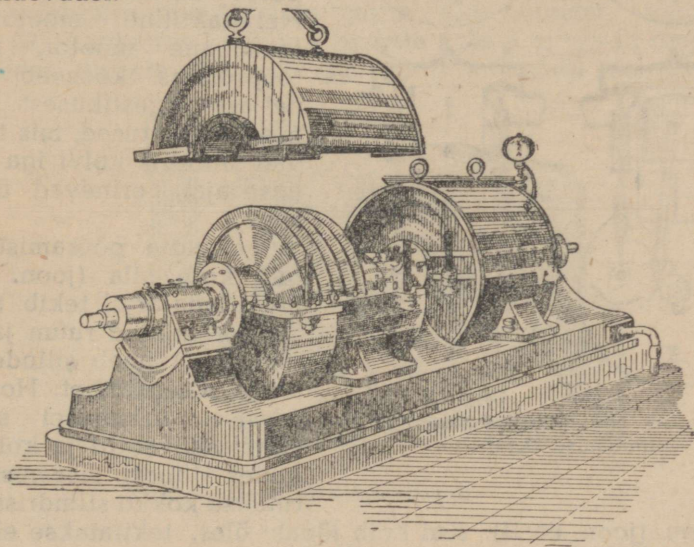
Seesugust kiirust pole tegelikus elus vaja, seepärast tuleb turbiini ühendada töömasinaga hammasrataste süsteemi abil, mis võimaldab töömasinal töötada tunduvalt vähendatud kiirusega. Turbiin ise võtab väga vähe ruumi. Hammasratas-ülekanne võtab

märksa rohkem ruumi kui turbiin ise. Kuid isegi koguka hammasratasülekande puhul nõuab turbiin märksa vähem ruumi kui samasuguse võimsusega aurumasin.

Nüüdisaegsed turbiinid omavad palju kettaid, mis asuvad ühisel võllil ja mis panevad võlli pöörlema kiirusega 1000—3000 pöört minutis (joon. 65).

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

Auruturbiine kasutatakse soojuselektri- jaamades, sõja- ja kaubalaevadel.

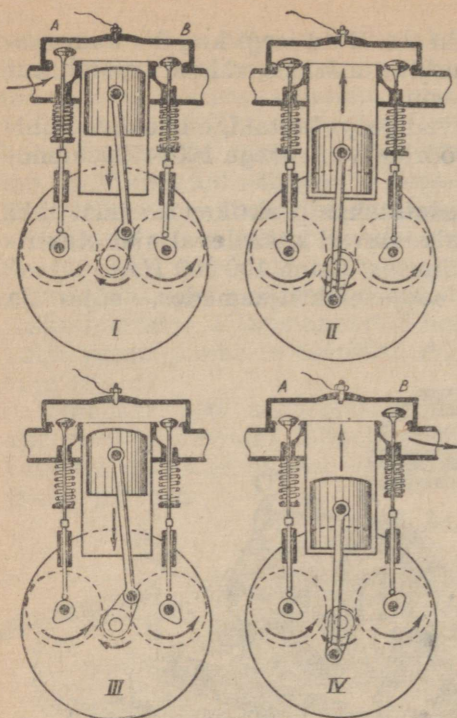


Joon. 65. Suure võimsusega auruturbiin.

**60. 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 kütuseenergiat 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.

**61. Neljataktilise mootori skeem.** Joonisel 66 on näidatud neljataktilise mootori lihtsustatud skeem. Mootor koosneb silindrist, milles liigub kolb, mis kepsu ja vända abil on ühendatud töö-



Joon. 66. Neljataktilise mootori töötamise skeem.

võlliga. 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 silindris kolvi iga liikumise ajal, erinevad üksteisest.

Hooratta pööramisel liigub kolb alla (joon. 66 I). Selle tagajärjel tekib silindris hõrendatud ruum ja läbi ventiili A imeb silinder endasse põletusainet. Hooratta edasisel liikumisel sulgub sisselaskeventiil ja kolvi liikudes silindri sisemusse surutakse kokku silindrisse tul-

nud segu (joon. 66 II). Kui kolb jõuab üles, tekitatakse elektrisädemega silindris kokkusurutud küttesegu plahvatus.

Plahvatusel tekkinud gaasid suruvad kolvile ja lükkavad ta alla (joon. 66 III). Kolvi liikumine kandub edasi kepsule ja selle kaudu võllile ning hoorattale; viimane, saanud tugeva tõuke, hakkab liikuma ning jätkates liikumist tõstab kolvi üles (joon. 66 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:

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

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

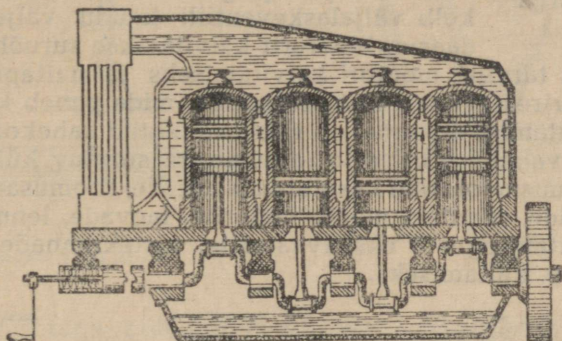
**Töötakt.** Segu põlemisel tekkinud gaasid suruvad kolvile ja lükkavad ta jõuga alla.

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

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

Olgu tähendatud, et kolvi neljast taktist ainult üks on töotakt. Ulejäänud taktid on töotaktile ettevalmistuseks.

Hoorattal on eriti suur tähtsus antud mootori juures. Tema ülesandeks on mitte üksnes ületada surnudpunkte, nagu see leiab aset aurumasina juures, vaid ka panna kolbi ühe töotakti jaoks tegema kolme ettevalmistavat takti. Et jõumasin töotaks ühtlase-malt, pannakse mootoreisse mitte üks silinder, vaid mitu (joon. 67), kusjuures kõikide silindrite kolvid annavad oma liikumise edasi ühisele völliile ja igal antud momendil teeb üks neist

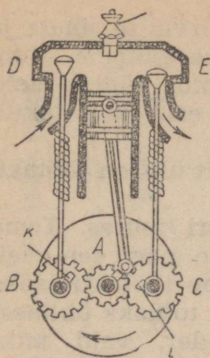


Joon. 67. Automootor.

kolbidest töotakti, iga teine kolb aga selleks töotaktiks erineva ettevalmistustakti. Kui näiteks esimeses silindris toimub sisseime-mine, siis teises on kokkusurumine, kolmandas töotakt ja neljan-das väljalask. Järgmisel momendil on esimeses kokkusurumine, teises töotakt, kolmandas väljalask, neljandas sisseimemine jne. Meie võtsime ühe võimaliku taktide jaotuse silindrite vahel. Eri-nevates süsteemides võib taktide jaotus olla erinev.

**62. Jaotusmehhanism.** Sisse- ja väljalaskeventiilid avanevad vajalikul momendil ja tarvilikuks kestuseks erilise mehhanismi abil, mida nimetatakse jaotusmehhanismiks. Selle mehhanismi ole-mus selgub skemaatilisest joonisest nr. 68.

Mootori völliile on pandud hammasratas *A*, mis on hambumi-ses kahe teise hammasrattaga *B* ja *C*. Peavölli 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. Hammasrattaste *B* ja *C* völliide küljes on nükid *K* ja *L*, mis hammasrattaste liikumisel lähenevad ventiilidega *D* ja *E* ühendatud varbadele ja tõstavad need üles.



Joon. 68.  
Ventiiljaotaja.

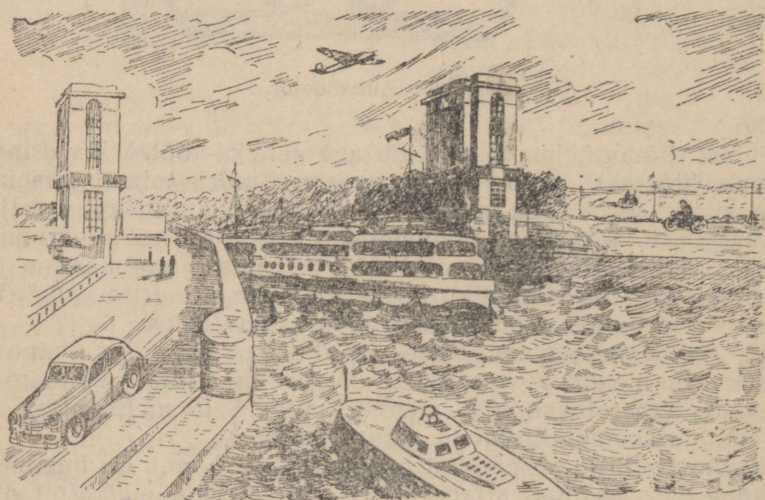
Mida laiem on nükk, seda kauem on ventiil avatud. Täpselt samuti paneb peavõlli hammasratas parajal momendil tegevusse süüteseadise.

### 63. Aeglase põlemisega mootor ehk diisel.

See mootor erineb teistest sise põlemismootorite tüüpidest oma ökonoomsuse tõttu.

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

Sise põlemismootoreid kasutatakse autode, soomusautode, traktorite, tankide, raudteel mootorvedurite, laevade, lennukite, dirižablite, mitmesuguste ekskavaatorite, tõstekraanade, tuletõrjemasinatena jne. käitamiseks.



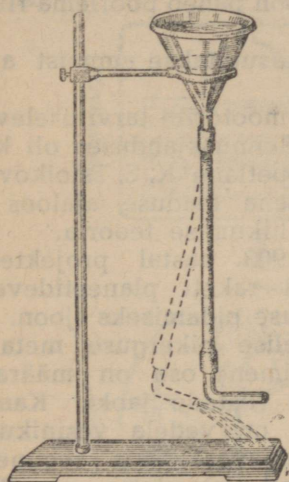
Sise põlemismootorite kasutamise näiteid.

**64. Reaktiivmootorid.** Viimaseil aastail on õhuasjanduses toimunud sügavad muudatused. Ilmusid lennukid reaktiivmoo-

toritega, mis töötavad teistel põhimõtetel kui harilikud lennuki-mootorid.

Reaktiivsete mootorite töötamise printsiip põhineb mehhaanika põhiseadusel. **Kui üks keha mõjub teisele kehale mingi jõuga ja muudab selle kiirust, siis mõjub esimesele kehale niisama suur, kuid vastupidiselt suunatud jõud.**

Vaatleme katseid, mis selgitavad seda põhimõtet. Ühendame



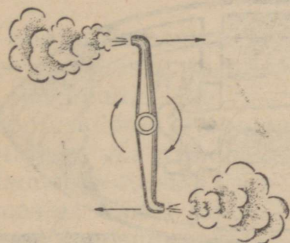
Joon. 69. Vedeliku väljavoolujoa reaktsioon.



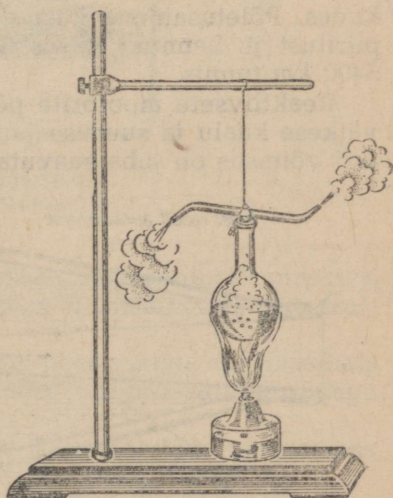
Joon. 70. Segneri ratas.

lehtri kummitoruga, mille otsas on kõverdatud klaastoru (joon. 69). Kui lehtrisse valada vett, siis hakkab vesi välja voolama torust, mis seejuures kaldub kõrvale vastassuunaliselt veejoo liikumisele. Üheaegselt rõhumisjõuga, mis surub vett torust välja, tekib jõud, mis tõukab toru vastupidises suunas.

**Jõudu, mis kallutab toru kõrvale, nimetatakse väljavoolujoa reaktsiooniks.**



Joon. 71. Aurujoo reaktsioon.



Joon. 72. Auruvurr.

Joonisel 70 on kujutatud niinimetatud *segneri ratas*, mis pöörleb väljavoolujoa reaktsiooni mõjul.

Voolates välja torust, pöörab vesi ratast suunas, mis on vastu-  
pidine toru kõverustele.

Väljavoolava auru (joon. 71) reaktsioon paneb pöörlema riista, mis on kujutatud joonisel 72.

Väljavoolava gaasijoa reaktsiooni kasutatakse ammust ajast raketite laskmisel.



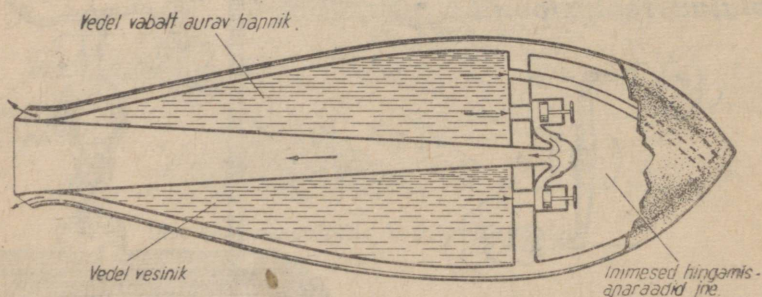
K. E. Tsiolkovski  
(1857—1935).

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

Juba 1903. aastal projekteeris Tsiolkovski raketi planeetidevahelise ühenduse pidamiseks (joon. 73). Voolujoonelise pikerguse metallist kambri esimene osa on määratud inimeste ja riistade jaoks. Kambri teises osas on vedela vesiniku ja hapniku tagavara, mis segunedes moodustavad plahvatava segu. Plahvatusest tekkinud palavad gaasid lendavad torust välja tohutu kiirusega, tõugates raketti vastupidises suunas.

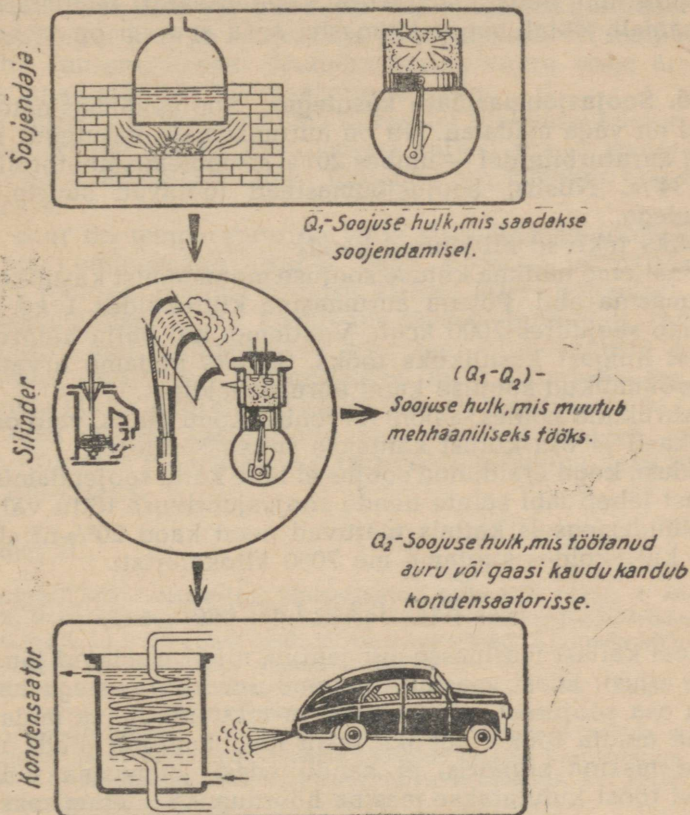
Reaktiivseid mootoreid kasutati Teise maailmasõja ajal mitte üksnes lennukis, vaid ka kaugelaske mürskudes. Põletusainena kasutati bensiini ja vedela hapniku segu, piiritust jt. Lennuki kiirus ületas 1000 km tunnis, mürsul aga 5400 km tunnis.

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



Joon. 73. Tsiolkovski planeetidevahelise raketi skeem.

Nõukogude Liidus töötavad intensiivselt füüsikud ja tehnikud koos töölistega reaktiivmootorite täiustamise alal. Selle töö edu üle võib otsustada kas või kaardiväe reaktiivmiinipildujate „katjušade“ järgi, mis olid fašistidele ootamatuks ning hirmsaks relvaks.



Joon. 74. Energia muundumise skeem soojusjumasinas.

**65. Soojusjumasina peamised osad.** Igas soojusjumasinas, olgu see aurumasin, auruturbiin või sisepõlemismootor, võib eraldada kolm põhilist osa:

1) soojusallikas — soojendaja (katel ühes auruga aurumasinais ja turbiinides või silinder bensiini, nafta jne. põlevate aurudega sisepõlemismootoreis);

2) masina töötav osa — (silinder ühes kolviga aurumasinas 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 mehhaaniliseks energiaks, ülejäänud muundumata osa aga läheb kondensaatorisse. Energia muundamisskeem soojusmasinas on antud joonisel 74.

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

**66. Soojusjõumasinate kasutegur.** Soojusjõumasinate kasutegurid on väga madalad. Nii on aurumasinate kasutegur mitte üle 15%; auruturbiinidel — umbes 20%; sise põlemismootoreil — mitte üle 34%. Niisiis, soojusjõumasinad 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 kcal. Vaatleme, kui palju kaloreid läheb sellest hulgast kasulikuks tööks. Selleks püüame arvata kokku kõikvõimalikud soojuse kaod auruseadeldises.

Aurukatla koldes ei põle 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 mehhaaniline jõud, mis saadakse masina silindris, ei kandu edasi jõumasina võllile, osa sellest tööst kulutatakse masina hõõrdumise ületamiseks masina osades.

Enamiku 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 sise põlemismootorite 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 erikondensaatoritesse.

Eriti suur on temperatuuride vahe sisepõlemismootoreis 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. Meil Nõukogude Liidus pööratakse kaugkütte probleemile suurt tähelepanu. Juba nüüdki kasutatakse reas elektrijaamades, näiteks Moskva Riiklikus Elektrijaamas, turbiinide töötanud auru paljude majade kütmiseks.

#### Harjutus 21.

1. Parimad kõige esimestest jõumasinatest kulutasid tunnis 1 HJ kohta 16 kg sütt. Watt alandas selle arvu kuni 4 kg-ni. Nüüdisaegsed parimad aurumasinad tarvitavad 1 HJ kohta veidi rohkem kui 0,6 kg. Arvutada kõigi nende masinate kasutegur, kasutades toodud andmeid.

2. Täiuslikumad aurumasinad kulutavad tunnis 1 HJ kohta umbes 4000 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 diisli kasutegur on 34%. Määrata, kui palju soojust on vaja ühes tunnis antud mootori jaoks.

## IX peatükk.

### ALGTEADMISI ELEKTRIST.

**67. Sissejuhatus.** Hoolimata sellest, et seesugused elektrilised nähtused nagu äike olid tuntud juba ürginimesele, teati kuni XIX saj. elektrist väga vähe. „Elektrist 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 muude energialiikide ees?

Kõik need pole kerged küsimused.

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

Selline tundmaõppimine aitab paremini mõista kõike seda määratu suurt tähtsust, mis on elektrifitseerimisel NSV Liidu rahvaste elus.

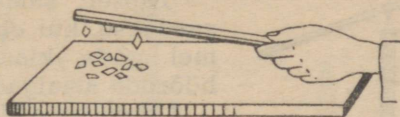
**68. Elektriseerimine hõõrumise teel.** Juba kauges minevikus pandi tähele, et villase riidega hõõrutud merivaigul<sup>1</sup> on võime külge tõmmata kergeid esemeid, näiteks ölekõrrekesi, paberitükikesi jne.

Hiljem tehti kindlaks, et seda omadust pole mitte üksnes villase riidega hõõrutud merivaigul.

<sup>1</sup> Merivaik — möödunud geoloogilistel ajajärkudel kasvanud okaspuude vaik.

Paberitükikesi tõmbavad külge kaleviga hõõrutud kirjalakk (joon. 75), villa või karusnahaga hõõrutud eboniit ja siidiga hõõrutud klaaspülk. Isegi kuival, käega hõõrutud harilikul paberilehel on niisugune omadus.

Põhjust, mis kutsus esile taolise nähtuse, nimetati XVII sajandi algul elektriks — kreekakeelsest sõnast *elektron*, nii nimeatakse kreeka keeles merivaiku.

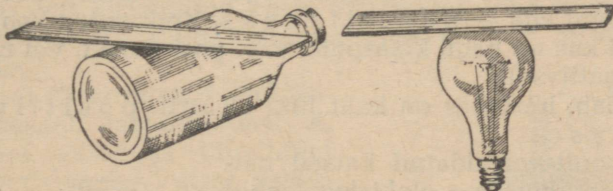


Joon. 75. Elektriseerimine hõõrumise teel.

Keha kohta, mis on omandanud kergete kehade külgetõmbevõime, öeldakse, et ta on elektriseeritud või et talle on antud elektrilaeng.

### Harjutus 22.

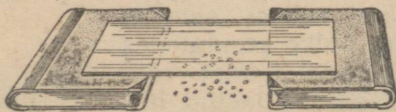
1. Pange lauale pudel ja asetage sellele tasakaalus joonlaud või pliats. Pudeli asemel võib võtta elektripirni (joon. 76) või muu mis tahes sileda ümmarguse eseme, et ainult hõõrdumine oleks aluse ja joonlaua vahel võimalikult väike.



Joon. 76.

Võtke plastmassist kamm ja hõõruge seda vastu kuiva ajalehepaberit ning lähendage külge poolt joonlauale — joonlaud pöörduv kõrvale.

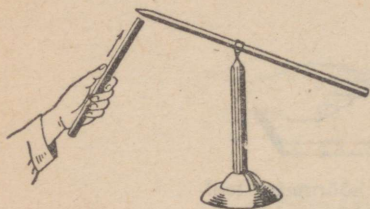
2. Võtke vihikusuurune klaasplaat, puhastage ning kuivatage ta. Siis pange ta kahe raamatu äärelle (joon. 77). Raamatute vahele asetage hülsipaberi tükikesi (või ka ajalehepaberi tükikesi, tähtis on, et tükikesed oleksid võimalikult kerged). Hõõruge ülalt klaasi kuiva ajalehepaberi tombuga ja vaadeldge paberitükikeste „tantsu“ klaasi all.



Joon. 77.

3. Avage veekraan ja laske veel voolata peenikese vaikse joana. Elektriseerige kamm, lähendage joale ning vaadeldge joa külgetõmbumist.

**69. Elektri kaks liiki.** Hõõrume kaht eboniitpulka kalevila-piga. Asetanud ühe pulga teravikule nii, et ta võiks pöörelda, lähendame sellele teise pulga (joon. 78). Me märkame, et elektriseeritud eboniitpulgad tõukuvad teineteisest eemale.



Joon. 78.

Täpselt samasugune tagajärg saadakse, kui eboniitpulkade asemel võtta klaaspulgad ja neid hõõruda amalgaamitud 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.

Mis kutsub esile sellise elektriseeritud kehade vastastikuse mõju erinevuse?

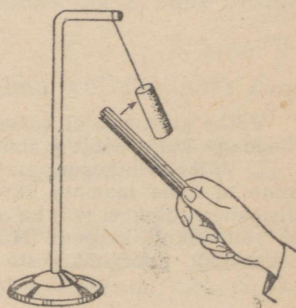
On täiesti loomulik oletada, et eboniitpulga elektrilaeng on teistsugune kui klaaspulgal. Tõepoolest, nende nähtuste hoolikas uurimine kinnitab meie oletust.

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 kaht liiki elektrit: positiivset ja negatiivset.

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.

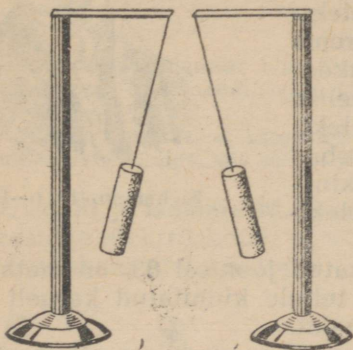
**70. Elektroskoop.** Lähendame elektriseeritud eboniitpulga paberist hülssile, mis ripub siidniidi otsas (joon. 79). Algul hülss läheneb pulgale, siis, puudutades seda, tõukub sellest eemale. Nähtavasti sai hülss pulka puudutades negatiivse laengu. Seda oletust võib tõestada, lähendades juba laetud hülssile elektriseeritud klaaspulga. Hülss, mis äsja tõukus eboniitpulgast eemale, tõmbub klaaspulga külge.



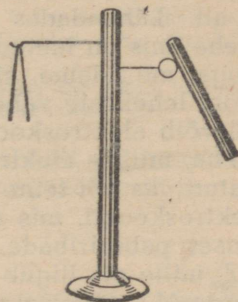
Joon. 79.

Laeme kaks hülssi, mis ripuvad siidniitide otsas, märgi poolest ühesuguste laengutega; selleks puudutame hülssi laetud eboniit-pulgaga. Kui lähendame teineteisele niidid, mille otsas ripuvad hülssid, siis näeme, et need tõukuvad teineteisest eemale (joon. 80).

Metalltraadil, mis on kinnitatud eboniidist alusele, ripub kahekorra murtud hülspaberi riba (joon. 81).



Joon. 80.

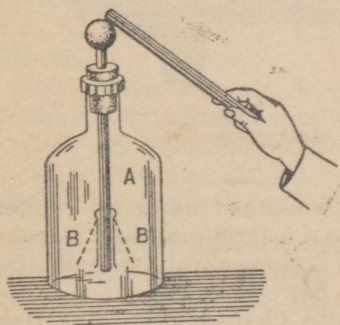


Joon. 81.

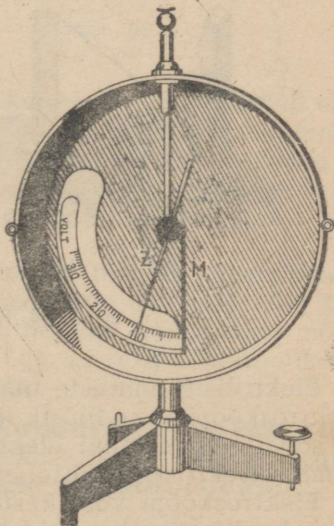
Kui puudutame traati elektriseeritud pulgaga, siis elektriseeruvad pabeririba mõlemad osad ühenimelise elektriga ja me näeme, et riba otsad eemalduvad teineteisest.

Iga eespool kirjeldatud katse abil võime teha kindlaks keha elektrilist olekut. Kuid kohasem riist selleks otstarbeks on elektrooskoop.

Joonisel 82 kujutatud elektrooskoop koosneb metallvardast A, millele on aasadega kinnitatud kaks pabeririba B. Varras paigutatakse kummikorgi abil klaasist ümbrisesse.



Joon. 82.



Joon. 83.

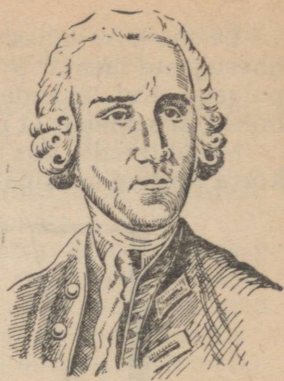
Kui laadida elektroskoobi varrast, siis elektriseeruvad ka paberiribad. Elektriseeritud ribad, tõukudes teineteisest, eemalduvad vähema või suurema nurga all.

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

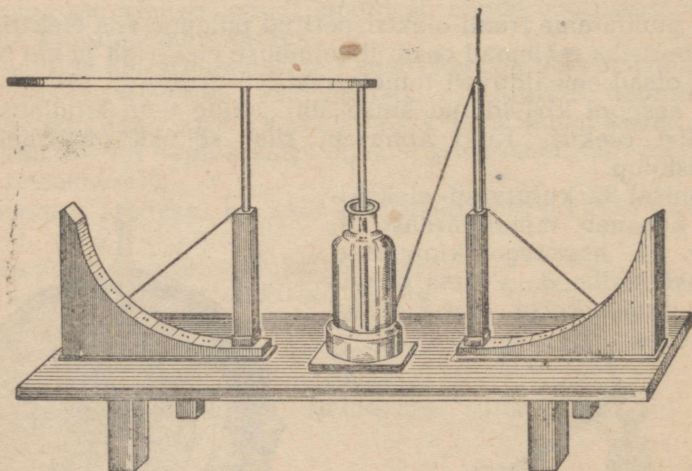
Nii võib elektroskoobi abil kindlaks teha, millise elektriga on elektriseeritud üks või teine keha.

Elektroskoobil, mis on kujutatud joonisel 83, on metallkesta sisemuses paberiribade asemel teljele kinnitatud kergelt liikuv osuti Z, mille ots liigub piki skaalat.

Varda M laadimisel kaldub osuti Z vardast kõrvale ja moodustab sellega teatud nurga.



Richmann (1711—1753).



Joon. 84. Richmanni elektroskoop.

Elektriliste nähtuste uurimiseks kasutas teaduses esimesena elektroskoopi vene füüsik R i c h m a n n (Lomonossovi kaasaegne ja sõber). Richmanni elektroskoop koosnes niidist, mis tõukub eemale elektriseeritud teljest (joon. 84).

Elektroskoopi võib kasutada mitte üksnes keha elektriseerumise kvalitatiivseks, vaid ka kvantitatiivseks hindamiseks. Tõe-

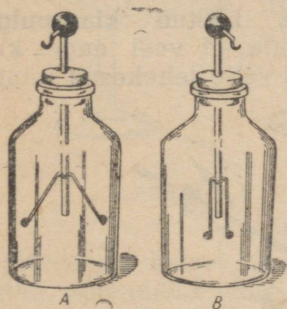
poolest, on täiesti loomulik oletada, et mida suurem on nurk, mille võrra kaldub kõrvale elektroskoobi osuti (joon. 83) või eemalduvad elektroskoobi lehekeseid (joon. 82) ta elektriseerumisel, seda tugevamini on ta elektriseeritud, tähendab, seda rohkem on temas elektrit või, nagu öeldakse, seda suurema laengu sai elektroskoop. Elektrilaeng võib olla nii positiivne kui ka negatiivne.

### Harjutus 23.

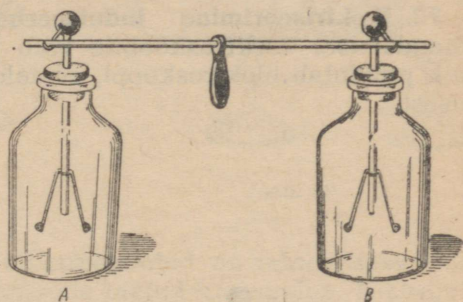
1. Peenikeste siidniitide otsa on riputatud kaks täiesti ühesugust leedrisäsist kuulikest, üks laetud, teine laadimata. Kuidas teha kindlaks, kumb kuulike on laetud?

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

**71. Juhid ja isolaatorid.** Laeme võimalikult tugevamini paberilehekeselega elektroskoobi ja lähendame sellele teise samasuguse, kuid laadimata elektroskoobi (joon. 85).



Joon. 85.



Joon. 86.

Kui ühendada laadimata elektroskoobi B kuulike laetud elektroskoobi A kuulikesega traadi abil, mis on kinnitatud eboniidist käepideme külge, siis osa elektroskoobi A laengust läheb üle elektroskoobile B. Elektroskoobi A lehekeseid langevad veidi koomale, elektroskoobi B lehekeseid aga eemalduvad teineteisest (joon. 86).

Kui elektroskoopide A ja B kuulikesed (joon. 87) 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 isolaatoriteks<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> Isolaatorid — itaaliakeelsest sõnast *isolare* — eraldama.

Headeks juhtideks on metallid, inimeste ja mitmesuguste loomade kehad, vesi, milles on lahustatud mitmesuguseid soolaid jt.

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

Et laeng hoiduks juhil, selleks eraldatakse ta teistest juhtidest isolaatorite abil. Sellise isoleerimise näiteid me nägime katsete juures. Paberist hülsid olid riputatud siidniitide külge, mitmesugused riistad olid asetatud alustele, mis olid valmistatud isolaatoreist — eboniidist või klaasist.

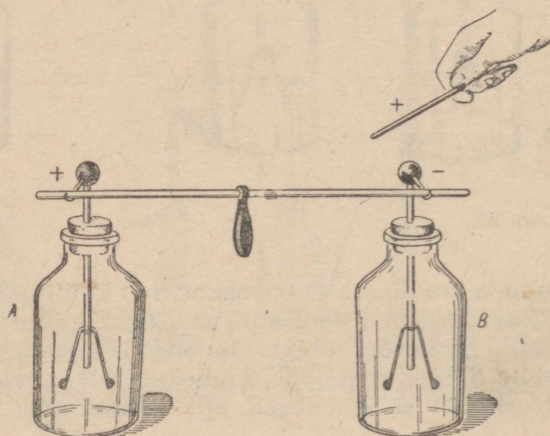
#### Harjutus 24.

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?

**72. Elektriseerimine indutseerimisega.** Laetud klaaspulga lähendamisel elektroskoobile võib märgata, et veel enne, kui pulk puudutab elektroskoopi, eemalduvad selle lehekeseid teineteisest.



Joon. 87.

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

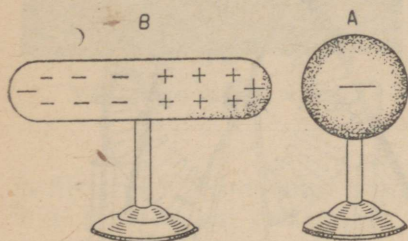
Selgitame, kuidas tekivad laengud elektroskoobile ja kuidas nad kaovad. Ühendame kaks elektroskoopi traaditükiga, mille keskel on eboniidist käepide. Lähendame (kuid ei puuduta) ühele elektroskoobile elektriseeritud pulga. Mõlemad elektroskoobid

osutuvad laetuks (joon. 87). 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.

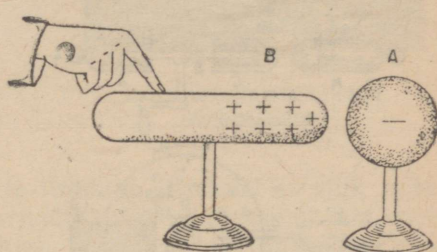
Nüüd jäävad laetud pulga eemaldamisel mõlemad elektroskoobid laetuks. Ühendame elektroskoobid traadiga — nad kaotavad laengu (lehekesed langevad alla).

Kuhu kadusid laengud elektroskoopidest?

Ära minna nad ei võinud, sest ühendades elektroskoobe traadiga, me hoidsime traati eboniidist käepidemega, eboniit aga on isolator. Jääb üks oletus: laengud elektroskoopidel olid erinevate märkidega, ja elektroskoopide ühendamisel ühe laengu mõju hävitas teise mõju.



Joon. 88.



Joon. 89.

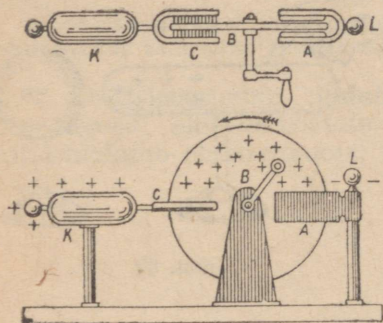
Kordame katset, ja kuni elektroskoobid on teineteisest eraldatud, lähendame neile kordamööda laetud klaaspulga. Klaaspulgale lähim elektroskoop osutub laetuks negatiivselt, kaugemal olev aga positiivselt.

Sellist laadimist nimetatakse elektriseerimiseks indutseerimisega (mõjumisega). Elektriseerimist indutseerimisega saab seletada, kui oletada, et laadimata juhis on nii positiivset kui ka negatiivset elektrit ühesugustes hulkades, kusjuures mõlemad elektrid või üks neist võivad kehas vabalt ümber asetuda. Negatiivselt laetud keha A lähendamisel laadimata juhile B (joon. 88) liiguvad viimases negatiivsed laengud, tõukudes keha A negatiivsest laengust juhi vastasotsale. Keha B üks ots elektriseerub positiivselt, teine — negatiivselt.

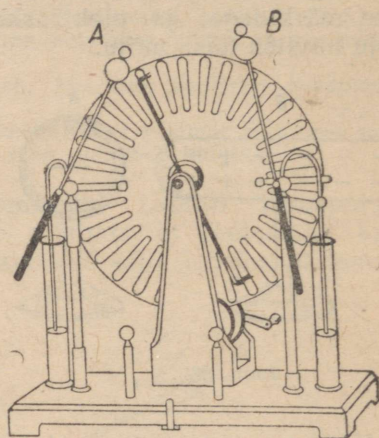
Kui eemaldada keha A, siis kehas B ümberasetunud negatiivsed laengud tõmmatakse uuesti positiivselt laetud osade poole ja meie ei märka enam juhis B laengut. Kui keha A uuesti lähendada kehale B ja ühendada keha B maaga, puudutades kas või sõrmega keha B-d, siis negatiivsed laengud, püüdes kehast A tõukuda võimalikult kaugemale, lähevad maasse (joon. 89). Kehas B tekib 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.

**73. Elektrimasin.** Suurte elektrilaengute saamiseks kasutatakse spetsiaalseid riistu. Uheks selliseks, ehituselt lihtsaimaks riistaks on „hõõrdumiselektrimasin“ (joon. 90). See koosneb klaaskettast *B*, mis käepideme abil teljel pöörlema pannakse, ja kahest nahk-padjakesest *A*. Pöörlemisel hõõrdub klaas vastu padjakesi ja elektriseerub positiivselt, padjakesed aga ja nendega ühendatud konduktor (juht) *L* elektriseeruvad negatiivselt.



Joon. 90.



Joon. 91.

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

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

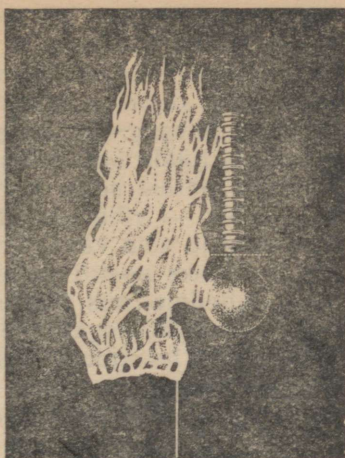
Praktikas kasutatakse tihti ehituselt hoopis keerukamat elektrimasinat (joon. 91).

Kui masina töötamise ajal lähendada teineteisele teatud kaugusel kuulikesed *A* ja *B* (joon. 91), millele kogunevad vastasmärgilised laengud, siis võib nende vahel toimuda laengutühjendus, tekib elektrisäde. Säde tekkimisega kaasneb iseloomulik, mõnikord väga tugev ragin.

**74. Elektrilisi nähtusi atmosfääris.** Paljude tuhandete aastate jooksul inimkond nägi välku ja kuulis müristamist, kuid nende nähtuste olemus sai teatavaks alles pärast hoolikaid uurimusi, mida tegid XVIII sajandi algul teadlased Franklin, Lomonossov



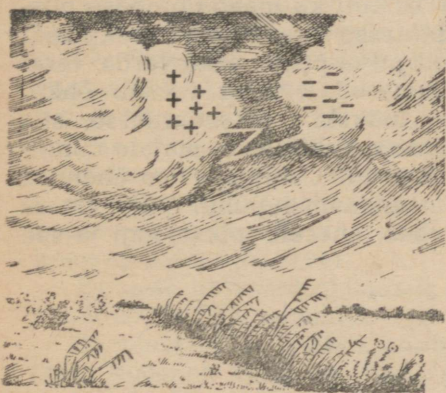
Väik pilve ja maa vahel.



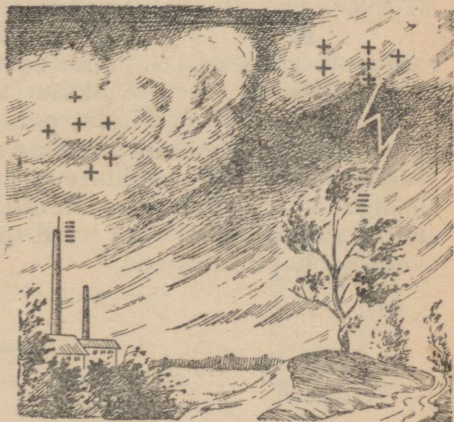
Laboratooriumis saadud elektrilaeng.

ja Richmann. Nimetatud teadlaste töödega tõestati, et väik pole midagi muud kui elektrisäde, sarnane 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.



Joon. 92. Pilvedevaheline väik.

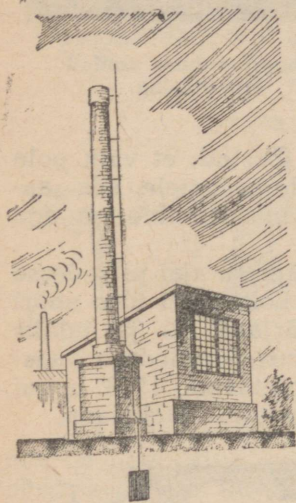


Joon. 93. Väik löi puusse.

Välgu tekkimist võib seletada järgmisel viisil. Kui kaks pilve, mis on laetud isenimelise elektri, lähenevad teineteisele teatud kaugusele, siis toimub nende vahel laengutühjendus — välk, mida saadab ragin — müristamine (joon. 92). Välg ja müristamine toimuvad üheaegselt; et aga valguse levimiskiirus on 300 000 km/sek. ja hääle oma kõigest 340 m/sek., siis kuuleme müristamist alles pärast seda, kui oleme vätku näinud. Laengutühjendus — välg — võib tekkida mitte ainult kahe pilve vahel, vaid ka pilvede ja maa vahel (joon. 93).

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

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 metalle, siis ta sulatab need. Sattudes liivasse, välg sulatab seda, moodustades omapärase kujuga torukesi, mida rahvas nimetab piksenoolteks (fulguriidid).



Joon. 94. Piksevarras.

**75. Piksevarras.** Et kaitsta hooneid välgu purustava toime eest, seatakse üles piksevardad. Lihtsamakujuline piksevarras kujutab endast teravaotsalist metallvarba, mis pannakse hoonete katusele (joon. 94). Metallvarb ühendatakse väga heade elektrijuhtide abil maja kõigi metallosadega, nagu plekk-katusega, veetorudega ja samuti ka maaga pinnase niiskeis kihitudesse kaevatud vaskplaadi abil. Laetud pilve poolt piksevarda teravikule tõmmatud elekter voolab õhku. Kui pikne „löökski“ piksevardasse, siis

pilve elekter läheb juhti mööda maasse, tekitamata majale mingisugust kahju. Kõige tähtsam on piksevarda ehituses hea ühendus maaga — maandamine. Halva maandamise puhul piksevarras mitte ainult ei too kasu, vaid tõmbab enesele pikselöögi ja see võib hoonet kahjustada.

X p e a t ü k k .

## ELEKTRIVOOL.

**76. Elektrivool.** Kui vändata elektrimasinat (joon. 91), siis kogunevad kuulikestele *A* ja *B* laengud.

Kuulikeste lähendamisel toimub nende vahel laengutühjendus, tekib elektrisäde.

Elektrilaengu tühjendus kujutab enesest elektrilaengute liikumist — e l e k t r i v o o l u .

Lõpetame masina vändamise — kaob ka elektrivool.

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

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

Elektrienergia allikaks on sel juhul patareil.

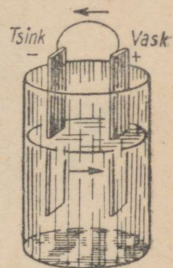
Lambi niidikese muundub elektrienergia soojuseks ja valguseks.

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

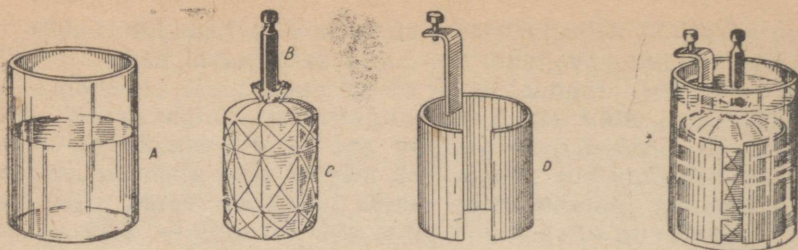
**77. Galvaani elemendid.** Esimesteks praktilisteks töötavateks vooluallikateks olid galvaani elemendid. Galvaani elementide ehitus on väga lihtne. Kõik nad koosnevad põhiliselt kahest erisugusest juhust, mida nimetatakse elektrootideks ja mis on asetatud happe-, aluse- või soolalahusesse. Elektrienergia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

Esimese galvaani elemendi leiutas itaalia füüsik *Volta* XIX sajandil.

Joonisel 95 kujutatud niinimetatud volta element koosneb vask- ja tsinkplaadikesest, mis on asetatud väävelhappe lahusesse. Plaadikeste otsi, millega ühendatakse juhtmed, nimetatakse elemendi poolusteks. Volta elemendis on vaskplaadi



Joon. 95.  
Volta element.



Joon. 96-a.

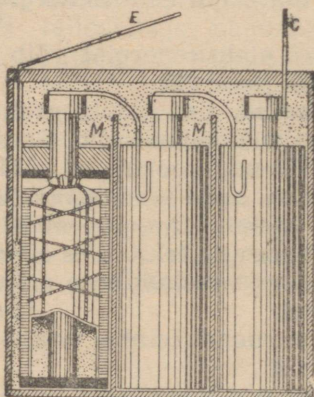
Joon. 96-b.

ots positiivseks pooluseks, tsinkplaadi ots aga negatiivseks. Kui elemendi poolused ühendada traadi abil elektrikõlistiga, siis hakkab viimane helisema. Elemendi poolustega ühendatud väike 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 96-a ja 96-b kujutatud element. See element koosneb tsinksilindrist *D* ja söest varvast *B*, mis on paigutatud mangaanülhapendit sisaldavasse kotikesse *C*. Kõik see on paigutatud purki *A*, millesse valatakse salmiaagi vesilahus. Positiivseks pooluseks on siin süsi, negatiivseks tsink.

Joonisel 97 on kujutatud taskulambipatarei läbilõige. Ta koosneb kolmest elemendist. Negatiivseks elektroodiks igas elemendis on tsinksilindrike, positiivseks aga süsivarb. Süsivarb on paigu-



Joon. 97. Taskulambipatarei.

*M* — kartongi tükikesed, mis eraldavad tsinksilindrikeksi; *C* — süsivarva külge kinnitatud metallriba; *E* tsinksilindrikekse külge kinnitatud metallriba.

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

**78. 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.

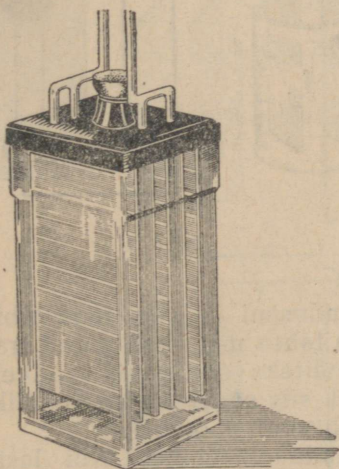
Akumulaatori lihtsaim mudel koosneb kahest väävelhappe lahusesse asetatud seatinaplaadikesest. Ehitanud seesuguse mudeli ning proovinud ta tegevust kas või elektrikõlisti juures, võime veenduda, et see akumulaator voolu ei anna — kell ei helise.

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 ise voolu andma.

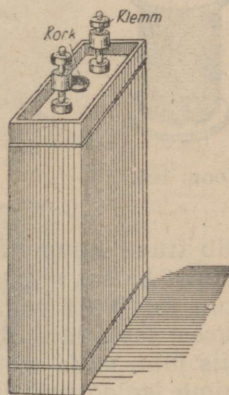
Peale seatina-akumulaatorite kasutatakse käesoleval ajal laialt raudnikkel-akumulaatoreid või, nagu neid teisiti nimeta-



Volta (1745—1827).



Joon. 98.  
Seatina-akumulaator.



Joon. 99.  
Raudnikkel-akumulaator.

takse, leelis-akumulaatoreid. Seesuguse akumulaatori üks plaat on rauast, teine niklist. Need on asetatud sööbekaaliumi lahusesse.

Joonistel 98 ja 99 on kujutatud mõlemat tüüpi akumulaatori väline kuju.

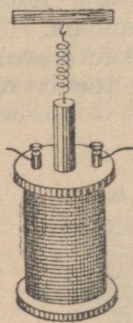
**79. Akumulaatorite kasutamine tehnikas.** Sõna akumulaator tähendab koguja. Akumulaatorisse kogutakse olemasoleva elektrienergia tagavarad, muundades need keemiliseks energiaks, mis akumulaatori töötamise ajal muundatakse jälle elektrienergiaks.

Akumulaator töötab alati korralikult (õigel hoolitsemisel) ja kulu tema laadimiseks on märksa odavam kui galvaani elementide äratarvitatud ainete täielik asendamine uutega.

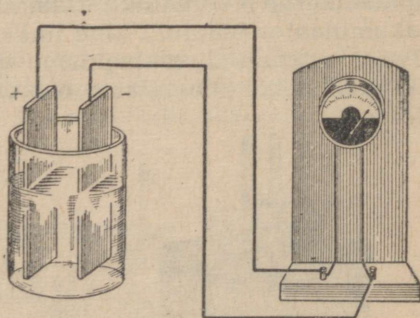
Akumulaatorid leiavad kõige mitmekesisemat ning laialdast kasutamist. Nii näiteks annavad nad voolu raudteevagunite valgustamiseks rongi peatuse ajal, millal rongi dünamomasinad ei tööta. Akumulaatorite patareid annavad voolu mootoreile, mis panevad liikuma allveelaevu nende allveesõidu ajal. Akumulaatorid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

**80. Elektrivoolu toimed.** Elektrivooluga kaasnevad mitmesugused nähtused. Ühed neist toimuvad juhtmetes, teised juhtmete läheduses.

Laseme voolu tugede vahel pingule tõmmatud raudtraadist läbi. Traat soojeneb ning vajub pikenedes kergelt allapoole. Voo-



Joon. 100.



Joon. 101.

luga võib traati kuumutada helenduseni ja isegi teda läbi põletada. Taolist katset võib teha mis tahes metallist 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 naela küljest ära — nael lakkab olemast magnet.

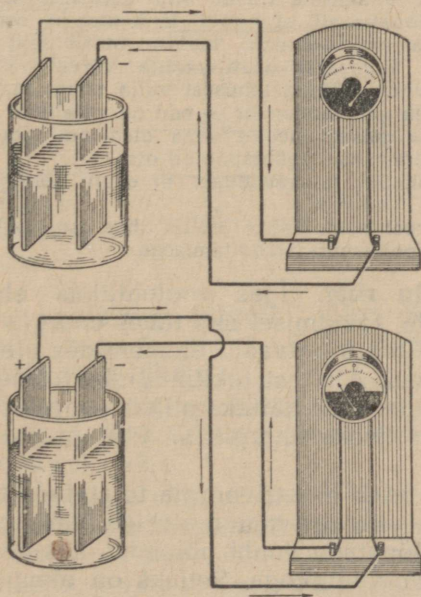
Voolu magnetilist toimet võib näidata ka järgmise katsega. Asetame traatpooli sisse tüki rauda, mis on riputatud vedru külge. Kui poolis voolu ei ole, on rauatükk liikumatu. Poolist voolu läbilaskmisel tõmbub rauatükk (südamik) pooli sisemusse (joon. 100). Soojeneva traadiga või poolisse tõmbuva südamikuga riistad võivad olla voolu olemasolu näitajaks juhis.

Selliseid riistu, mis näitavad voolu olemasolu ning mõõdavad selle suurust, nimetatakse galvanomeetriteks. Joonisel 101 on näidatud galvanomeetri väliskuju. Galvanomeetri osuti kaldub kõrvale, kui galvanomeetrit läbib vool.

Laseme voolu läbi vasevitrioli lahuse. Et juhtida voolu läbi lahuse, asetame lahusesse kaks süsiplaadikest — elektroodi, 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 lahuses osutab keemilistele nähtustele lahuses, kui teda läbib vool.

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

**81. Voolu suund.** Võtame volta elemendi ja galvanomeetri, mille nulljaotus on skaala keskel. Ühendame elemendi positiivse pooluse galvanomeetri vasakpoolse klemmiga (joon. 102), negatiivse aga parempoolse klemmiga. Oletame, et galvanomeetri osuti kaldus paremale poole. Kui nüüd positiivne poolus ühendada parempoolse klemmiga, negatiivne aga vasakpoolsega, siis kaldub osuti kõrvale vastupidises suunas.



Joon. 102. Voolu suund vooluringis.

Galvanomeetri osuti kaldumine vastupidises suunas on selektatav voolu suuna muutmiseks galvanomeetris ühenduses juhtmete ümberlülimisega.

Nagu juba öeldud, kujutab elektrivool endast positiivsete ja negatiivsete elektrilaengute liikumist.

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

Küsimus voolu suunast kerkis esile teaduses siis, kui voolu-mehhanism mitmesugustes juhtides polnud veel selge. Siis arvati, et nii positiivne kui ka negatiivne elekter võib ümber asetuda kõigis juhtides.

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

### Harjutus 25.

1. Valmistage galvaani element. Selleks valage klaasi keedusoola lahust. Võtke tsinkplaat ja süsivarvake ning kinnitage nad puulauakese külge teineteise lähedale (lauake tuleb võtta sellise pikkusega, et ta otsad toetuksid klaasi äärtele). Kinnitage tsinkplaadi 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 äärise vahele mahuks lauakesele vabalt kompass. Äärise 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. Uhendage 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 oma valmistatud element ja galvanomeeter — nad on vajalikud ka edaspidi.

2. Uhendage oma galvanomeeter oma elemendi poolustega ja pange tähele, kuhupoole 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 kõrvalekaldumise ning voolusuuna äranäitamiseks.

**82. Elektrivoolu ring.** Igas vooluallikas ehk generaatoris muundatakse selle töötamisel mis tahes energia liik 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 tarvitajad.

Generaatorist tuleb elektrienergia toimetada tarvitajasse. 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, tarvitaja, juhtmed ja katkestaja moodustavad vooluringi.

Vaatleme elektrikõlisti vooluringi. Siin on meil: generaator — element, tarvitaja — kõlisti, juhtmed, mida mööda tuleb vool, ja juhtmiseseade — nupp, mis annab võimaluse lülida voolu vooluringi või sealt välja ja järelikult võimaldab anda elemendilt energiat kõlistile.

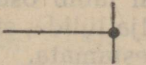
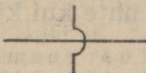
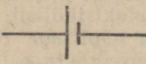
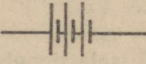
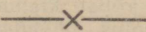
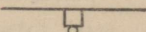
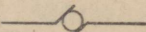
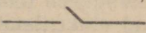
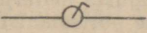
Taskulambipatarei vooluringis leiame samuti:

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

Elektritrammi vooluringis on generaatoriks dünamomasin elektrijaamas, tarvitajaks — trammimootor. Energiat antakse siin ülemise juhtme ja looga abil, teiseks juhtmeks on roopad. Juhtmiseseade on trammiesiosas. Märgive ära, et trammivooluringi juhtmiseseade annab võimaluse mitte ainult voolu sisse- ja väljalülitamiseks, vaid ka voolu nõrgendamiseks ja tugevdamiseks.

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

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

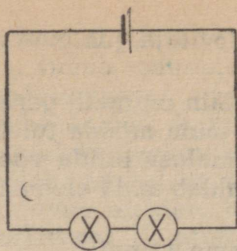
	Juhtmete ühendamine.
	Ristuvad ühendamata juhtmed.
	Element: väike jooneke — positiivne poolus.
	Elementide patarei.
	Lamp.
	Kõlisti.
	Mootor.
	Lülitid.
	

**83. Tarvitaja vooluringi lülitamise viise.** Sageli on ühes ja samas vooluringis mitu tarvitajat. Olgu ühes vooluringis kaks lampi. Kuidas neid saab lülida?

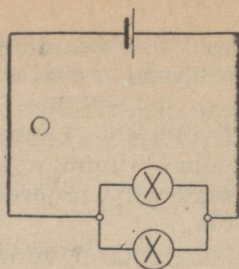
Me võime neid vooluringi lülida nii, et üks lamp järgneb vahetult teisele (joon. 103). Sellist lülitamist nimetatakse järjestikuseks lülitamiseks.

Kuid neid kahte lampi võib lülida vooluringi ka teisiti. Teeme vooluringi mingis punktis hargnemise, mis koosneb kahest harust, ja kummassegi harusse lülime ühe lambi (joon. 104). Seesugust lülitamist nimetatakse paralleelseks lülitamiseks.

Nagu skeemist nähtub (joon. 103), läheb järjestikuses lülitamises



Joon. 103. Kahe lambi järjestikune lülitus.



Joon. 104. Kahe lambi paralleelne lülitus.

mõlemast lambist läbi kogu vool. Kui üks neist välja lülida, siis osutub vooluring katkestatuks ja teine lamp ka ei põle.

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

Praktikas kasutatakse nii ühte kui ka teist lülitamisviisi.

**84. Laboratoorne töö nr. 6.** Töö eesmärk — koostada elektrivoolu ring generaatorist, tarvitajast, juhtmeist ja juhtmisseadmeist.

Riistu ja materjale: elektrikõlisti; galvaani element; kolm tüki isoleeritud traati; lüliti 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 lüliti mõlema klemmiga.

#### Harjutus 26.

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

## XI peatükk.

### ELEKTRIVOOLU SEADUSED.

**85. 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 pikaajalisel läbimisel võib saada söel küllaltki paksu vasekihi, millele on kerge külge joota näiteks vaskjuhet.

Kuulus inglise füüsik Faraday (l.: fä'rödi), uurides voolu läbimise nähtust vedelatest juhtidest, tegi kindlaks, et elektroodidel eraldunud aine kaaluline hulk on võrdeline lahust läbinud elektrihulgaga.

Selle alusel määrati kindlaks elektrihulga ühik.

**Elektrihulga ühikuks on võetud elektrihulk, 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,

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

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.

**86. Voolutugevus.** Katsed näitavad, et mida suurem elektrihulk läbib vooluringi ühe ja sama aja jooksul, seda suurem on voolu toime: suurem hulk metalli eraldub elektroodile selle metalli soo-

lalahusest, tugevamini soojeneb juht, mida läbib vool, tugevnevad voolu magnetilised toimed jne.

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

Järelikult, elektrivoolu toime sõltub voolutugevusest vooluringis.

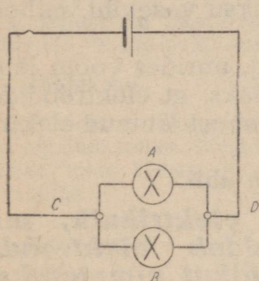
**87. Voolutugevuse ühik. Voolutugevuse ühikuks võetakse 1 amper — sellise voolu tugevus, mille puhul 1 sekundis läbib juhi ristlõiget 1 kulon elektrit.**

Järelikult, kui voolutugevus vooluringis võrdub näiteks 5 ampri-ga, siis tähendab see, et vooluringi ristlõiget läbib igas sekundis 5 kulonit elektrit, 7 ampri puhul 7 kulonit jne.

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

Harilikud hõõglambid tarvitavad kümnendikke osi amprist. Teaduslike uurimuste puhul tuleb mõõta voolusid milliampri tuhandikega — mikroampritega.

Voolutugevuse ühik amper on tuletatud prantsuse teadlase Amper'e'i (1.: ampäär) nimest, kes on kuulsaks saanud paljude avastuste tõttu elektri alal.



Joon. 105.

#### Harjutus 27.

1. Vooluringi lülitud 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 voolu tugevus, mis läbis lahuse.

3. Läbi lambi A (joon. 105) 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?

**88. Ampermeeter.** Voolutugevuse mõõtmiseks kasutatakse spetsiaalset riista — ampermeetrit. Mõnedes ampermeetrites tõmbub poolisse, mida mööda läheb vool, raudsüdamik (joon. 26). Mida tugevam on vool, seda sügavamale pooli sisse tõmbub raudsüdamik ja seda enam kaldub kõrvale südamikuga ühendatud osuti. Teistes süsteemides soojendab vool peenikest traadikest, mis on tõmmatud pingule kahe klemmi vahele. Soojenemisel traadike pikeneb, mille tagajärjel pöörduv ampermeetri osuti, mis on ühendatud pikeneva traadiga (joon. 106). Tehnikas kasutatakse mitmesuguse ehitusega ampermeetreid. Enamikel juhtudel on ampermeetritel väljastpoolt näha vaid skaala ja osuti (joon. 107). Skaala gradueeritakse amprites ja selle osades.

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

Ampermeetreil on vooluringi lülitamiseks 2 klemmi.

Väga tihti tähistatakse ampermeetri ühte klemmi märgiga pluss (+), teist aga märgiga miinus (—). See tähendab, et vooluringis voolutugevuse mõõtmiseks on vaja klemm märgiga (+) ühendada tingimata juhtmega, mis tuleb positiivsest vooluallikast.

Ebaõigel sisselülitamisel ampermeeter ei näita voolu.

Kui vool osutub liiga tugevaks ja osuti läheb skaala piirest välja, siis tuleb ampermeeter viibimata vooluringist välja lüüda, sest vastasel korral ta võib rikneda.



Ampère (1775—1836).

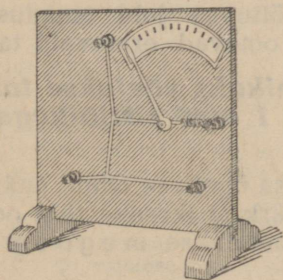
89. Laboratoorne töö nr. 7. Töö eesmärk — uurida voolutugevust vooluringi mitmesugustes osades.

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

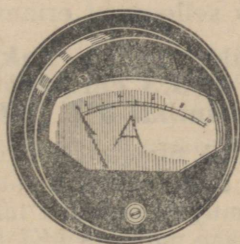
#### Tööjuhend.

Antud riistade abil koostage vooluring, seades riistu soovi kohaselt järjekorda, hoolitsedes vaid selle eest, et riistad oleksid ühendatud järjestikku. Selline vooluring on kujutatud joonisel 108.

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



Joon. 106.  
Soojusampermeeter.



Joon. 107. Ampermeeter.

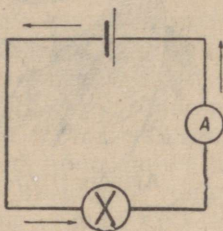
Järjestikku ühendatud juhtide mitmesse kohta lülitud ampermeeter näitab üht ja sama voolutugevust, millest me saame järeldada, et **järjestikku ühendatud vooluringi igas osas on voolutugevus ühesugune.**

### Harjutus 28.

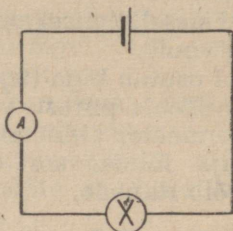
1. Ampermeeter on lülitatud vooluringi kord nii, nagu näidatud joonisel 108. Ta näitab 0,1 amprit. Teine kord lülitakse ta samasse vooluringi nii, nagu näidatud joonisel 109. Kui palju näitab ampermeeter teisel juhul?

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

3. Oletame, et teie poolt koostatud skeemis (vt. ülesanne nr. 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?



Joon. 108. Ampermeetri lülimine vooluringi.



Joon. 109.

**90. 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. Vooluringi voolutugevuse sõltuvus juhi omadusest on seletatav sellega, et erinevad juhid omavad erinevaid takistusi.

**91. Takistuse ühik. Takistuse ühikuks võetakse takistus, mis on 106,3 cm pikkusega ja 1 mm<sup>2</sup> ristlõikega elavhõbedasambal 0° C puhul.**

See ühik nimetati o o m i k s saksa õpetlase Ohmi auks.

Sõna oom asemel kirjutatakse märk  $\Omega$  (kreeka täht oomega).

Ühe miljoni oomilist takistust nimetatakse m e g o o m i k s ja tähistatakse märgiga  $M\Omega$ .

**92. Juhi takistuse sõltuvus juhi mõõteist ning ainest.** Erisugustel juhtidel on erisugune takistus.

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. Lülitud sisse 10-meetrise pooli täpselt samasuguse traadiga, saame peaaegu 10-kordse voolu-

tugevuse vähenemise, võrreldes esimese katsega. Järelikult, traadi takistus suureneb traadi pikkuse suurenemisega.

Asendanud katseks võetud nikeliintraadi samasuguse, kuid peenema traadiga, näeme, et peenikese traadi takistus on suurem kui sama pikkusega jämeda traadi takistus.

Kui võrrelda kahe erinevast metallist ühesuguste mõõdetega traadi takistusi, 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 takistus tähega  $R$ , juhi pikkust meetrites tähega  $l$  ja ristlõike pindala ruutmillimeetrites tähega  $s$ , siis võib takistuse  $R$  suurust avaldada valemiga:

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

kus koefitsienti  $\varrho$ , mis kuulub valemisse, nimetatakse eritakistuseks. *Eritakistus on antud ainst samba takistus oomides, kui samba pikkus on 1 m ja ristlõike pindala 1 mm<sup>2</sup>.*

**Eritakistuste tabel**  
(oomides 1 m pikkuse ja 1 mm<sup>2</sup> ristlõike kohta).

Hõbe . . . . .	0,016	Nikeliin (sulam) . . . . .	0,450
Vask . . . . .	0,017	Kroomnikkel (sulam) . . . . .	1,130
Alumiinium . . . . .	0,032	Süsi hõõglambis . . . . .	40
Raud . . . . .	0,120		

Vaadeldes seda tabelit näeme, et eritakistus on väike hõbedal, veidi suurem on see vasel; metallide sulameil on suurem eritakistus; eriti suur on söe eritakistus.

### Harjutus 29.

1. On kaks ühesugusest materjalist ja ühesuguse ristlõike pindalaga 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. Uhe traadi ristlõike pindala on 0,2 cm<sup>2</sup>, teisel aga 4 mm<sup>2</sup>. Kumma traadi takistus on suurem ja mitu korda? Mispärast?

3. On kaks ühesugusest materjalist traati. Uhe traadi pikkus on 5 m, teisel aga 0,5 m; esimese traadi ristlõike pindala on 0,15 cm<sup>2</sup>, teisel 3 mm<sup>2</sup>. Kumma traadi takistus on suurem ja mitu korda?

4. On kaks ühesuguse pikkusega alumiiniumtraati, kuid erineva ristlõike pindalaga. Esimese ristlõike pindala on 0,1 cm<sup>2</sup>, teisel aga 2 mm<sup>2</sup>. Esimese takistus on 2 oomi. Määrake teise traadi takistus. (Ülesanne tuleb lahendada valemit kasutamata.)

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

6. Arvutage peast, muidugi valemist kasutamata, kui suur takistus on 20 m pikkusel ja 1 mm<sup>2</sup> ristlõike pindalaga alumiiniumjuhtmel.

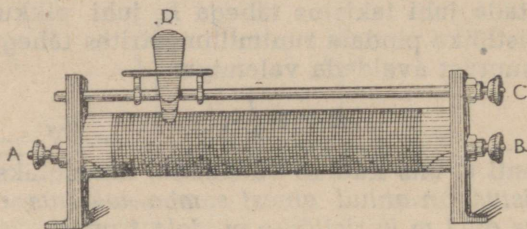
7. Arvutage peast nikeliintraadi takistus, mille pikkus on 1 m ja ristlõike pindala 0,1 mm<sup>2</sup>.

8. Missuguse ristlõike pindalaga alumiiniumtraat tuleb võtta, et ta takistus oleks samasugune nagu vasktraadil ristlõike pindalaga  $2 \text{ mm}^2$ , kui mõlema traadi pikkus on ühesugune?

9. Arvutage valemi järgi kilomeetripikkuse vasest trammitraadi takistus, kui ta ristlõike pindala on  $0,65 \text{ cm}^2$ .

**93. Reostaadid.** Riistu, mille abil saab takistuse muutmiseega reguleerida voolutugevust vooluringis, nimetatakse reostaadideks.

Üks reostaadi liike on kujutatud joonisel 110. Suure eritakistusega metallist traat on keritud silindrile, mis on valmistatud isoleerainest, ning traadi otstele on kinnitatud klemmid *A* ja *B* (joon. 110). Silindri kohal ülal on metallvarvale kinnitatud liikuv



Joon. 110. Liikuva kontaktiga reostaat.

kontakt *D*, mis puudutab tihedalt traatmähist. Reostaat lülitakse vooluringi ühe traadiotsale kinnitatud klemmi — *A* või *B* — ja metallvarval oleva klemmi *C* abil. Nihutades kontakti *D* siia- või sinnapoole, suurendatakse või vähendatakse sisselülitatud traadi pikkust ning sellega ka takistust.

Teine liik — vantroostaat, mis koosneb reast raudtraatspiraallidest, on kujutatud skemaatiliselt joon. 111. Isoleerainest valmistatud raami küljes on all rida metalseid kontakte. Ümber telje pöörlev metalne käepide 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 111, läheb vool, minnes sisse esimesest kontaktist, läbi nelja traatspiraali ning käepideme ja väljub klemmi *B* kaudu.

### Harjutus 30.

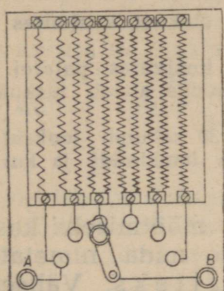
1. Oletame, et joonisel 111 kujutatud iga spiraali takistus on 2 oomi. Mitu oomi on viidud vooluringi käepideme selles asendis, mis on näidatud joonisel? Kuhu on vaja nihutada käepide, et viia vooluringi 16 oomi?

2. Vooluringi (joon. 112) on lülitatud liikuva kontaktiga reostaat. Näidake nooltega, kuidas liigub vool reostaadis. Kuhu tuleb nihutada kontakt, et vähendada voolutugevust vooluringis?

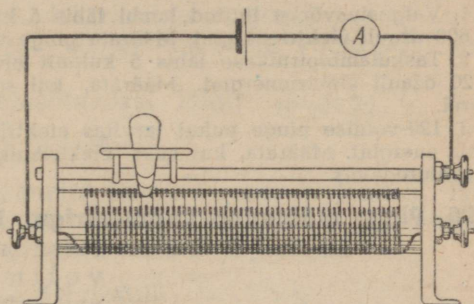
3. Koostage vooluring elektrilambist, patareist ja reostaadist, ühendades need järjestikku. Kuidas mõjub reostaadi sisseülitid osa takistuse muutmine lambivalgustuse heledusele?

**94. Pinge.** Vaatleme vooluringi, mis koosneb järjestikku ühendatud vooluallikast, juhtmetest ja elektrilambist. Voolutugevus on selle vooluringi kõigis osades ühesugune ja järelkult 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 juhivad voolu lambisse — nad on külmad, samal ajal aga lambi niidike on hõõguv. Mitmesuguste energiahulkade eraldumine vooluringi erinevates osades kutsutakse esile sellega, et nendes vooluringi osades on erinev pinge.

**Pinge vooluringi antud osas näitab, milline energiahulk eraldub selles lõigus ühe elektrihulga ühiku läbiminekul temast.**



Joon. 111. Väntreostaat.



Joon. 112.

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

**95. 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  $v o l t$  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 elektrit läbiminekul sellest lõigust eraldub 1 džaul energiat.

Järelkult, 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 pingest.

Pinge volta elemendi poolustes on ligikaudu 1 volt.

Pinge taskulambipatarei poolustes on 4,5 volti.

Pinge linna valgustusvõrgus on mitmesugune: ühtedes linnades on ta 120 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 langeb 1-tonnine koormus 9 m kõrguselt, on surm möödapääsmatu.

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

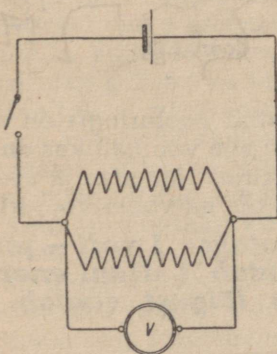
### Harjutus 31.

1. Valgustusvõrku lülitatud lambi läbis 5 kulonit elektrit, kusjuures kulu-  
tati 600 džauli elektrienergiat. Määrata pinge võrgus.

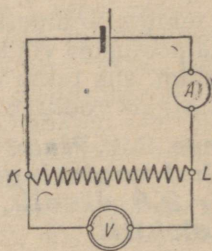
2. Taskulambipirnikesel läbis 5 kulonit elektrit, kusjuures patarei kulu-  
tas 20 džauli elektrienergiat. Määrata, kui suure pinge annab taskulambi-  
patarei.

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

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



Joon. 113. Voltmeetri vooluringi  
lülitamise skeem.



Joon. 114.

Vooluringi kahe punkti vahelise pinge mõõtmiseks lülitakse  
voltmeeter nii, nagu see on näidatud joonisel 113. Sellist lülitamist  
nimetatakse paralleelseks.

Joonisel 114 on näidatud elektrivoolu ring, millesse on lülitatud  
ampermeeter vooluringi voolutugevuse mõõtmiseks ja voltmeeter,  
millega mõõdetakse pinget punktide *K* ja *L* vahel.

### Harjutus 32.

1. Joonestage vooluringi skeem, mis koosneb vooluallikast, elektrilambist, ampermeetrist ja voltmeetrist, mis mõõdab pinget lambi klemmidel.

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

**97. 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 mehhaaniline töö. Et 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, kui palju elektrienergiat kulutatakse ära iga kulonilise elektrihulga läbimineku juhul.

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

$Q$  kuloni elektrit ümberasetamisel lõigus pingega  $U$  volti tehakse töö:

$$A = QU \text{ džauli.}$$

$I$ -amprise voolutugevuse puhul läheb  $t$  sekundi jooksul läbi juhi ristlõike  $I t = Q$  kulonit elektrit. Järelikult on  $I$ -amprise tugevusega 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:

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

Võimsust 1 džaul sekundis nimetatakse vatiks.

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

Vati rahvusvaheline lühend —  $W$ , venekeelne  $\text{BT}$ .

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

1000 vatti = 1 kilovatt ( $kW$ ).

100 vatti = 1 hektovatt ( $hW$ ).

Hobujõud on 736 vatti.

### Harjutus 33.

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 klemmid pingel on 110 volti?

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

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

**98. Elektrivoolu tööühikud.** Töö, mida elektrivool teeb ühe sekundi jooksul 1-vatise võimsuse puhul, moodustab vatt-sekundi. Tehnikas mõõdetakse elektrivoolu tööd hektovatt-tundide või kilovatt-tundidega. Hektovatt-tund on töö, mida elektrivool teeb ühe tunni jooksul 1-hektovatische võimsuse puhul.

Hektovatt-tund (lühendatud  $hWh$ ) on 100 vatti  $\times$  3600 sek. = = 360 000 vatt-sekundit (džauli).

Kilovatt-tund (lühendatud  $kWh$ ) on töö, mida teeb ühe tunni jooksul 1-kilovatische võimsusega vool.

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

#### Harjutus 34.

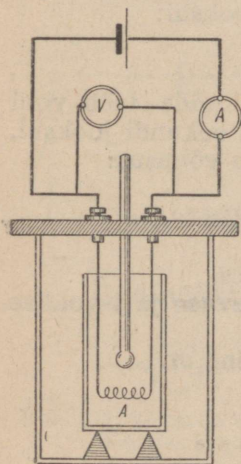
1. Kui suur on 10-hobujõulise mootori võimsus kilovattides?

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

3. Trammivaguni liikumise ajal läheb läbi trammimootori 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 pinge mootori klemmides on 220 volti.

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



Joon. 115.

**99. Voolu poolt eraldatav soojushulk juhis.** Et teada saada, kui palju eraldub soojust juhis, kui kogu elektrivoolu energia muundub temas täielikult soojuseks, 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. 115), siis soojeneb traat ise ja soojendab vett. Arvanud kokku, mitu kalorit soojust sai vesi, ning ampermeetri, voltmeetri ja kella näitude järgi — kui palju tarvitati ära elektrienergiat, võime määrata, mitmele kalorile vastab üks džaul.

Hoolikad ning arvukad selletaolised katsed näitasid, et 1 džaul = 0,24 cal.

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

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

### Harjutus 35.

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

2. Kui palju soojust eraldub elektrisoojendajast kahe minuti jooksul, kui soojendaja voolutugevus on 6 amprit ja temast läbimineva voolu pinge on 120 volti?

3. Kui pika ajaga võib 1 l vett soojendada 20°-st kuni keemiseni, kui vette panna juhe ja lasta sellest läbi vool tugevusega 11 amprit ning pingega 120 volti?

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

**100. Ohmi seadus.** Kui vooluringi, mis koosneb lambist ja ampermeetrist, lülida üks suur galvaani element, siis võib märgata, et vooluringis on väga nõrk vool ja lambiniit ei hakka hõõguma. Niipea kui elemendi asendame värske taskulampipatareiga, suureneb vool vooluringis ja lambiniit hõõgub heledasti. Mõõtnud pinget vooluringi otstes elemendi ja taskulampipatarei sisselülitamisel, näeme, et patarei sisselülitamisel on pinge märksa suurem.

Tähendab, voolutugevus juhis suureneb pinge suurenemisega juhi otstes.

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

Uurinud voolutugevuse sõltuvust takistusest ja pingest, tegi saksa füüsik Ohm (l.: oom) 1827. a. kindlaks, et **voolutugevus juhis on võrdeline pingega juhi otstes ja pöördvõrdeline juhi takistusega.**

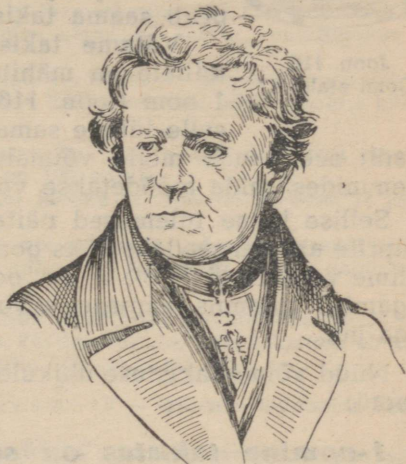
See sõltuvus voolutugevuse, pinge ja takistuse vahel kannab Ohmi seaduse nimetust.

Ohmi seadus on üks elektrivoolu põhilisi seadusi.

Kui tähistada voolutugevust tähega  $I$ , pinget tähega  $U$  ja takistust tähega  $R$ , siis saame Ohmi seaduse jaoks järgmise valemi:

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

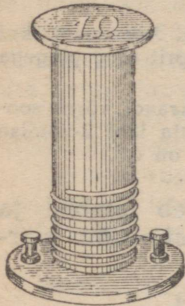
Me juba nägime, et teades juhi pikkust, ristlõiget ja materjali, võime arvutada ta takistuse.



G. Ohm (1787—1854).

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

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



Joon. 116.  
Oomi etaloon.

s. t. et juhi takistus on arvuliselt võrdne antud juhi otste vahelise pingega ja juhti läbiva voolutugevuse jagatisega.

Järelikult, et määrata mingi juhi takistust, on küllalt, kui koostada vooluring joonisel 40 näidatud skeemi järgi, ning kui on loetud ampermeetri ja voltmeetri näidud, jagada voltide arv amprite arvuga.

Katse põhjal veendume, et sellise jagamise teel peab saama takistuse oomides.

Võtame takistuse etalooni — puust silindri, millele on mähitud erisulamist traat takistusega 1 oom (joon. 116), lülime selle vooluringi. Peale selle lülime samasse vooluringi järjestikku reostaadi: see annab meile võimaluse reguleerida pinget etalooni klemmides, mida mõõdetakse voltmeetriga.

Sellise katse tulemused näitavad, et voltide arvu jagamisel amprite arvuga saadakse üks oom. Kui 1-oomise takistuse asemel lülime vooluringi 2-, 3-, 4- jne. oomise takistuse, 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 pinget tekitab 1-amprise voolu.**

Näiteid:

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

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

Arutleme nii:

1-voldine pinget 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. Elektrisoojendaja traadi takistus on 22 oomi. Seda läbib vool tugevusega 5 amprit. Määrata pinget klemmides.

Lahendus:

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

$U = 110$  volti.

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

Lahendus:

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

$R = 4$  oomi.

### Harjutus 36.

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

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

3. Määrata trammivaguni mootori mähise takistus, kui kontrollimisel selgus, et 57,5-voldise pinge puhul mähise otstel oli temas voolutugevus 71 amprit.

4. Ampermeetri takistus on 0,02 oomi. Ampermeetri lubatud koormatus on 10 amprit. Kas võib antud ampermeetrit 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?

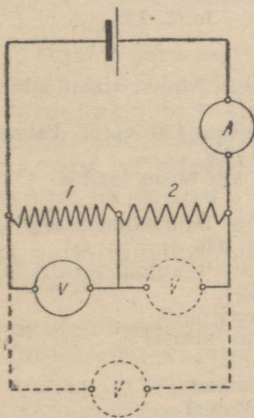
6. Määrata pinge juhtme otstes, kui juhtme takistus on 20 oomi ja juhet läbib vool tugevusega 0,2 amprit.

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

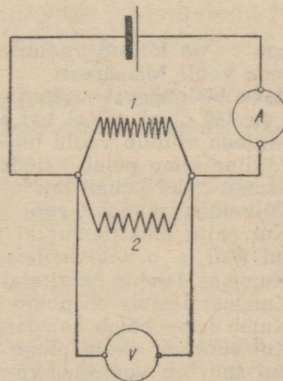
8. 100 sentimeetri pikkusele ja  $1 \text{ mm}^2$  ristlõikega elavhõbedasambale anti 1-voldine pinge. Määrake voolutugevus. Püüdke vastata, miks takistuse ühikuks on võetud elavhõbedasamba pikkus mitte 100 cm, vaid 106,3 cm.

101. Laboratoorne töö nr. 8. Töö eesmärk — takistuse mõõtmine vooluringi lõigus.

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



Joon. 117-a.



Joon. 117-b.

## Tööjuhend.

1. Uhendanud järjestikku (joon. 117-a) vooluallika, mõlemad mõõdetavad takistused 1 ja 2 ja ampermeetri, ühendage voltmeeter paralleelselt takistuse 1 klemmidega. Sisse lüüdinud 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 nende üldine takistus.

3. Uhendage mõõdetavad takistused paralleelselt ja lülige need vooluringi skeemi järgi, mis on kujutatud joonisel 117-b. Määrake voolutugevus vooluringis ja pinge paralleelselt ühendatud takistuste klemmides ning arvutage nende üldine takistus.

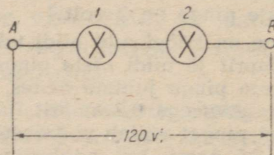
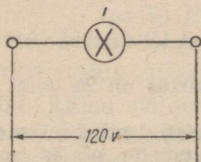
## Harjutus 37.

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

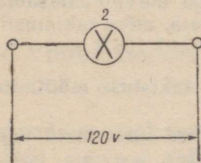
2. Kas kahe paralleelselt ühendatud juhtme ühine takistus on väiksem või suurem nende takistuste summast?

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

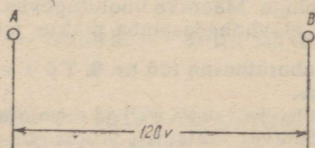
4. Kaks traati — raud- ja vasktraat ühesuguse pikkuse ja ühesuguse



Joon. 119.



Joon. 118.



Joon. 120.

ristlõikega — on lülitud vooluringi paralleelselt. Millist traati läbib suurema tugevusega vool? Mispärast?

5. Kaks hõõglampi on lülitud võrku pingega 120 volti. Esimese lambi takistus on 480 oomi, teisel 120 oomi. (Joon. 118.)

a) Millega võrdub voolu tugevus nii ühes kui teises lambis?

b) Milline lamp põleb heledamalt?

6. Samad kaks lampi, mis olid ülendes 5, kuid kummassegi neist juhitakse 120-voldise pingega vool nii nagu joon. 119.

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

b) Kumas lambis tarvitatakse rohkem energiat?

c) Kumas lambis on pinge suurem ja mitu korda?

d) Kumb lamp põleb heledamini?

e) Kui suur on voolu pinge kummaski lambis?

f) Kui suur on voolutugevus kummaski lambis?

g) Kui suur on kogu lõigu takistus?

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

a) Kuidas nende kahe punkti vahele lülida mõlemad eelmised lambid, et nad põleksid samuti kui kumbki üksikult?

b) Milline on voolutugevus seda juhtivas juhtmes?

c) Kui suur on sel juhul kogu lõigu takistus?

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

Elektrilaengute läbimiseks juhis 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 tugevama voolu tekitamiseks antud juhis on vaja kulutada 9 korda rohkem energiat.

Arutledes samuti, leiame, et 5 korda tugevama 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 läbimiseks, võrdeline voolutugevuse ruuduga.

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

Järelikult tarvitatakse 1 sekundi jooksul ära: 1 amper  $\times$  4 volti  $\times$  1 sekund = 4 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 soojus) hulgal, mis on võrdeline juhi takistusega.

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

Nimetatud sõltuvus tehti katseliselt kindlaks Joule'i (loe: džaul) ja vene füüsiku Lenzi poolt ning kannab Joule'i-Lenzi seaduse nimetust.

**103. Soojendusriistad.** Juhtme soojenemist voolu abil kasutatakse mitmesugusteks otstarveteks.

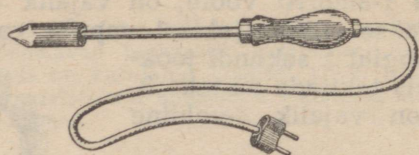
On olemas terve rida soojendusriistu, mille tegevuse aluseks on juhi soojenemise nähtus elektrivoolu tõttu. Selliste riistade hulka kuuluvad näiteks veesoojenduskannud, elektripliidid toidu



E. H. Lenz (1804—1865).

valmistamiseks jne. Selliste riistade olulisemaks osaks on suure eritakistusega traat, mis on asetatud riista sisemusse.

Traat, soojenedes voolu mõjul, soojendab kas riista ennast või tema sisaldist. Võimalus voolutugevuse muutmise abil täpselt



Joon. 121. Elektrijootekolb.

reguleerida riistadesse tulevat soojushulka lubab valmistada isegi inkubaatoreid lindude haudumiseks. Joonisel 121 on kujutatud elektrijootekolb, mida soojendatakse vooluga; vool läbib kolvis olevat traatpooli.



B. S. Jacobi (1801—1874).

Mäetööstuses ja sõjaasjanduses kasutatakse voolu soojuslikku toimet miinide lõhkemapanemiseks.

Miinide lõhkemapanemist elektrivoolu abil teostas esmakordselt Neeva jõel 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 Inglise—Prantsuse laevastiku kallaletungi vastu.

Miini sütik koosneb kahest paljast traadist, mis on ühendatud peenike traadikesega. Soojenedes voolust, süttab peenike traadike süütelaengu. Selline miinide süütamise viis annab võimaluse teostada lõhkemapanekut vajalikul momendil ja seejuures, kui tarvis, üheaegselt paljudes kohtades korraga.

### Harjutus 38.

1. Miks elektri ahju või -trii kraua mähised, vaatamata soojuse katkestamatule eraldumisele, ei põle läbi?

2. Soojendusriist, mis koosneb nikeliinspiraalist, on pandud veega täidetud anumasse. Millise maksimaalse temperatuurini võib soojeneda 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 lülitatud ühte ja samasse vooluringi. Milline neist soojeneb tugevamini? Mispärast?

5. Kaks traati — nikeliintraat pikkusega 1 m ja ristlõikega 2 mm<sup>2</sup> ja

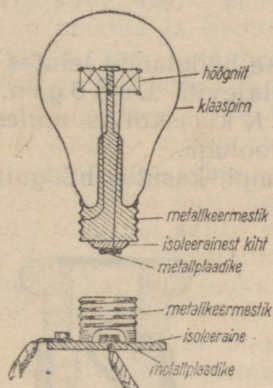
raudtraat pikkusega 2 m ja ristlõikega 0,5 mm<sup>2</sup> — on lülitud järjestikku ühte ja samasse vooluringi. Millises traadis eraldub rohkem soojust?

6. Kuidas seletada, et voolu läbimiseks juhtmeid ja elektrilambi niidist viimane kuumeneb hõõgumiseni, kuna juhtmed peaaegu ei soojene, kuigi voolutugevus juhtmeis ja lambiniidis on ühesugune?

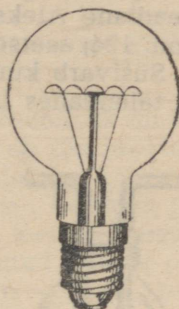
7. Kui soojendusriist veest välja võtta, ilma et ta oleks varem vooluringist välja lülitatud, siis põleb ta kiiresti läbi. Miks?

**104. Hõõglamp.** Voolust hõõguma pandud juhtide helendamine on ära kasutatud elektrihõõglampides.

Õhutühi lamp koosneb peenikesest „niidist“ — traadikesest, mis on valmistatud väga raskesti sulavast metallist: volframist,



Joon. 122.



Joon. 123.

osmiumist, tantaalist või nende sulameist. Nende metallide kõrge sulamispunkt võimaldab viia hõõgumistemperatuuri üle 2000°, mis soodustab lambi suurt helendust.

Lambi pikk niit (joon. 122) on riputatud üksteisest isoleeritud metallkonksudestega 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 ballooni, millest õhk hoolikalt välja pumbatakse.

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

Üks traat on joodetud sokli põhja metallplaadikese, teine metallkeermestiku külge.

Lambi lülimiseks võrku kruvitakse ta spetsiaalsesse pesa. Pesa sisemine osa (joon. 122) koosneb portselankehast, millele on kinnitatud kaks metalloosa: metallist plaadike, mis puudutab lambi sokli põhja metallplaadikest, kui see on keeratud pesa, ja keer-

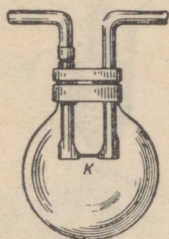
mestik, mis sobib lambi keermestikuga. Mõlemad osad omavad klemmi, mille külge kinnitatakse võrgu juhtmed.

Teist liiki lambid, mida kasutatakse käesoleval ajal, on gaas-täidisega lambid (joon. 123). Neis lampides on volframniit, mis soojuse kiirgamise vähendamise otstarbel on keeratud väikeseks spiraaliks, asetatud klaasanumasse, mis on täidetud põlemist mittedoodustava gaasiga — lämmastiku või argooniga. Gaasi olemasolu anumast takistab hõõgniidi pihustumist ja võimaldab hõõgniidi temperatuuri tõsta kuni 2900°-ni.

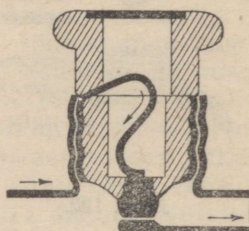
Iga lambi sokli metallosal või klaasil on rida arve, mis näitavad, millise pingega ja oks on arvestatud antud lamp ja millist võimsust ta seejuures tarvitab.

**105. Lodõgini hõõglamp.** Esimese hõõglambi leiutas 1873. aastal vene teadlane Aleksandr Nikolajevitš Lodõgin. Lodõgini lambis (joon. 124) asetses süsivarb K klaaskolvis, millest pumbati õhk välja. Süsivarb kuumendati vooluga.

Edison, täiendades Lodõgini lampi, kasutas hõõgniidina süsi-



Joon. 124.  
Lodõgini lamp.



Joon. 125. Sulavkaitse.

niiti, 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 valmistatakse hõõgniit peaaegu eranditult volframist.

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

### Harjutus 39.

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

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

Kuni juhtmeid läbiv vool ei ületa antud juhtme suurimat lubatud koorumust, 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 kataastroofe, asetatakse igasse üksik



A. N. Lodõgin (1847—1923).

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

Liini iga juhe on katkestatud ja katkestamise kohta on asetatud kaitsmepesa kaitsme jaoks. Kaitsmepesa koosneb portselan-toosist ja selles, nagu harilikus pesaski, on metalne keerrestik ja varvake, millele on juurde toodud katkestatud juhtme otsad. Sellesse pessa asetatakse portselanist kehake — kork, mille sisse paigutatakse seatinast traat (joon. 125); traadi üks ots on kinnitatud metallvarvakese külge korgi põhjas, teine ots aga metallkeerrestikule, mille abil kork keeratakse pessa.

Vool, mis liigub juhtmes, läbib ka seatinatraadi. Niipea kui voolu tugevus 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 jälle 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 lülis automaatselt välja liini korrast ära oleva juhtme.

**107. Elektrihaar.** Heledaima valguse annab elektrihaar. Elektrihaare saamiseks kasutatakse hari-



Joon. 126. Elektrihaar.

likult kahte söest varba, mille otsad asetsevad teineteise vastas. Kui süte otsad viia algul kokkupuutesse ja, andes sütele 40—50-



P. N. Jablotškov (1847—1894).



N. G. Slavjanov  
(1854—1897).

voldise pinge, eraldada neid uuesti väikesele kaugusele, siis puhkeb nende vahel kaarekujuline pimestav valgus (joon. 126).

Elektrikaare avastas 1802. aastal kuulus vene füüsik V. V. Petrovi avastus omistati ebaõiglaselt inglasele Davyle (l.: devi), kes uuris elektrikaart kümme aastat (1812. a.) pärast seda, kui see oli kirjeldatud V. V. Petrovi poolt.

Elektrikaare 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 kaugusele läheb vool läbi õhu. Süte hõõguvad otsad annavad pimestavat valgust ja temperatuuri kuni  $4000^{\circ}\text{C}$ . Sellel temperatuuril muutuvad peaaegu kõik ained auruks.

Elektrikaare kasutamine on väga mitmesugune.

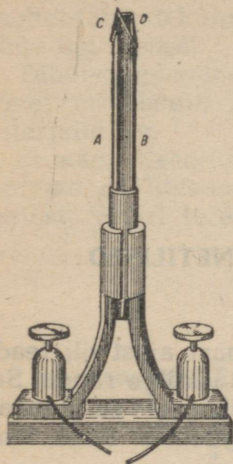
Valgusallikana kasutatakse kaart valgustuseks kinoülesvõtete juures, prožektorites ja majakates.

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

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

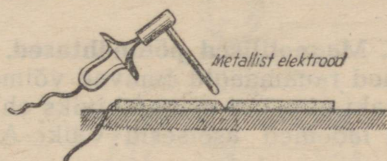
Jablotškovi küünal koosnes kahest süsivarvast A ja B (joon. 127), mis asetsevad paralleelselt ning olid eraldatud portselansavikihiga. Süte ülemised otsad ühendati õhukese söe- või metallribaga CD. Vooluringi sulgemisel riba põles ja süte tipule ilmus

elektrikaar. Kõrge temperatuuri tagajärjel portselansavi kiht aurustub ja söed põlesid aegamisi. Jablotškovi küünalt kasutati valgustuseks rea aastate jooksul Venemaal ja välismaal.



Joon. 127.  
Jablotškovi küünal.

**109. Elekterkeevitus.** Soojuse abil, mida annab vool, võib keevitada metalle. Selleks juhitakse kahte keevitatavasse metallitükki tugev vool. Keevitatavate tükide ühinemise kohas on halva kontakti tõttu vooluringi suurim takistus; vastava voolutugevuse puhul tekib siin selline soojushulk, mis, sulatades metalli, keevitab kaks tükki kokku.



Joon. 128. Elekterkeevitamine.

Laialdase praktilise leviku leidis elektrikaare keevitusviis, mille leiutas 1890. a. vene insener N. G. Slavjanov. Seda keevitusviisi rakendas ta ise ja rakendatakse ka tänapäeval.

Slavjanovi elektrikaare keevitusviisi järgi ühendatakse vooluallika üks juhe detailiga, teine juhe aga ühendatakse metallvarvaga (joon. 128). Kui algul puudutada varvaga detaili ja siis varb veidi eemaldada, tekib detaili ja varva vahel elektrikaar ja varb hakkab sulama. Sulanud metall keevitub detaili külge.

## XII peatükk.

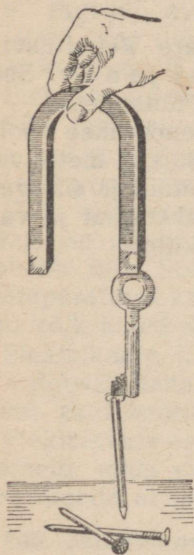
### MAGNETILISED JA ELEKTROMAGNETILISED NÄHTUSED.

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

Lähendades magnetile raudvõtme, võib märgata, et võti muutub magnetiks (joon. 129). 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.

Asetame magneti laialipuistatud rauapurule; tõstnud magneti, märkame, et rauapuru on jäänud tihedamini magneti otse külge. Mida lähemale keskkohale, seda nõrgem on magneti külgetõmme (joon. 130).



Joon. 129.



Joon. 130. Magneti poolused.

Magneti neid kohti, kus ilmnevad kõige suuremad magnetilised mõjud, nimetatakse **p o o l u s t e k s**.

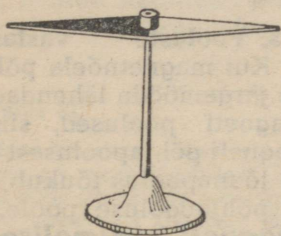
Sirget, mis ühendab pooluseid, nimetatakse magneti teljeks.

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

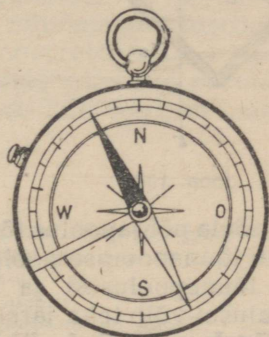
Kui magnet asetada karpi, kus asub raua- ja vasepuru, siis magnet tõmbab külge ainult rauapuru. Tähendab, magnet ei tõmba külge iga metalli.

Tähelepandavamaid magnetilisi omadusi on terasel, raual ja mõnel erisulamil, 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. 131. Magnetnõel.



Joon. 132. Kompass.

**111. Magnetnõel.** Magnetiseerime terasnõela ja paigutame selle mingile teravikule (joon. 131). Magnetiseeritud nõel pöörleb teravikul ja võtab siis asendi nii, et üks poolus näitab ligikaudselt põhja poole, teine lõunasse. Märgime ära põhja poole pööratud pooluse pealekleebitud paberiga ja pöörame nõela nii, et see poolus oleks pööratud lõunasse. Kuidas me ka püüaksime muuta nõela asendit, asetub ta lõppude lõpuks ikkagi nii, et märgitud poolus on pööratud 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 *С*. Lõunasse pööratud pooluse tähistame tähega *S* või vene tähega *Ю*.

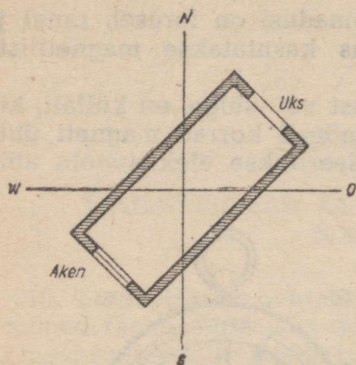
**112. Kompass.** Vabalt ülesriputatud magnetnõela omadus asetuda kindlas sihis oli hiinlastele teada 4000 aastat tagasi, ja selliseid nõelu kasutasid nad pikkadel reisidel suuna määramiseks. Hiinlaste kaudu nähtavasti tutvusid magnetnõelaga ka teised rahvad.

Magnetnõel on kompassi — riista, mille abil määratakse ilma-kaari — peamine osa.

Kompassi ehitus on näha joonisel 132.

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

Kui kompassikarp on pööratud nii, et nõela põhjapoolus ühtib skaala punktiga *N*, siis määratakse skaala järgi ilmakaari.



Joon. 133

kame, 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: **magneti isenimelised poolused tõmbuvad ligi, ühenimelised tõukuvad eemale.**

#### Harjutus 41.

Kas kompassinõela suund muutub, kui talle lähendada rauatükk? Korraldage vastav katse ning seletage katse tulemust.

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

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

Murrame sae pooleks. Kas ei lähe korda sel juhul eraldada ühte poolust teisest? 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. 134).

#### Harjutus 40.

Kasutades kompassi, määrake oma toa seinte, akende ja uste asend ilmakaarte suhtes.

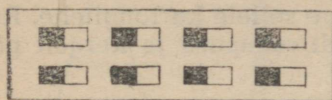
Joonistage paberilehele kaks vastastikku risti olevat sirglõiku, märkides nende otsad tähtedega *N*, *S*, *O* ja *W*.

Joonistage samale paberilehele oma toa skemaatiline plaan, asetades seinad ilmakaarte suhtes nii, nagu nad asetsevad looduses.

Sellise plaani näidis on antud joonisel 133.

**113. Pooluste vastastikune mõju.** Kui magnetnõela põhjapoolusele järgemööda lähendada mingi magneti poolused, siis mär-

Kui magnetikeste asend muutub ja nad asetuvad üksteise suhtes korratult, siis keha tervikuna osutub mittemagnetiseerituks (joon. 135).



Joon. 134.



Joon. 135.

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

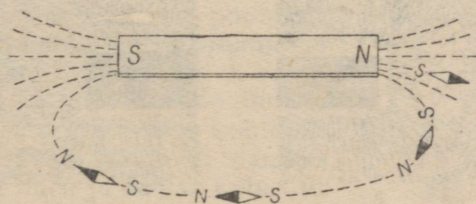
#### Harjutus 42.

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?

**115. Magnetväli.** Asetanud magneti lähedusse mitmesugustesse kohtadesse väikesi magnetnõelakesi, me näeme, et nad on asunud magneti suhtes mitmel viisil (joon. 136).



Joon. 136.

Kui magnet eemaldada, siis asetuvad kõik nõelad umbes geograafilise meridiaani suunas: põhjast lõunasse.

Tähendab, magneti ümbruses ruumi omadused muutuvad.

**Ruumi osa, milles magnet avaldab mõju magnetnõelale, nimetatakse magnetväljaks, ja joont, mille suunas jääb seisma magnetnõela telg, nimetatakse magneti jõujooneks.**

On leitud kokku lugeda magneti jõujoone suunaks seda suunda, kuhupoole näitab magnetnõela põhjapoolus, seega magneti jõujooned väljuvad põhjapoolusest ja suunduvad lõunapoolusesse.

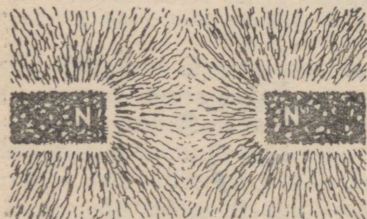
Asetame lauale magneti ja paneme sellele kartongilehe. Riputanud kartongile ühtlase kihina veidi rauapuru ja kergelt põru-



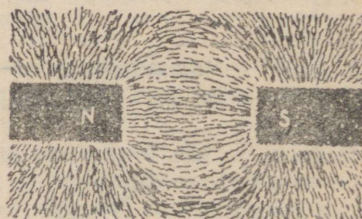
Joon. 137.

tanud kartongi, näeme, et puru on asetunud jõujooni mööda, mis suunduvad ühest poolusest teise (joon. 137).

Magneti läheduses olles muutub rauapuru ise väikesteks magnetiteks. Raputades kartongi, anname rauapurule võimaluse vabaneda hõõrdumisest vastu kartongi ja asetuda magnetväljas



Joon. 138.



Joon. 139.

jõujoonte suunas. Rauapurust moodustunud pilti magnetväljas nimetatakse magnetispektri.

Joonisel 137 on kujutatud sirgjoonelise magneti magnetispekter. Joonisel 138 on kujutatud magnetispekter kahe ühenimelise pooluse vahel. Joonisel 139 on kujutatud magnetispekter kahe isenimelise pooluse vahel. Spektrite kuju järgi (joon. 138 ja 139) võib otsustada, et ühenimelised poolused tõukuvad teineteisest, isenimelised aga tõmbuvad teineteise poole.

### Harjutus 43.

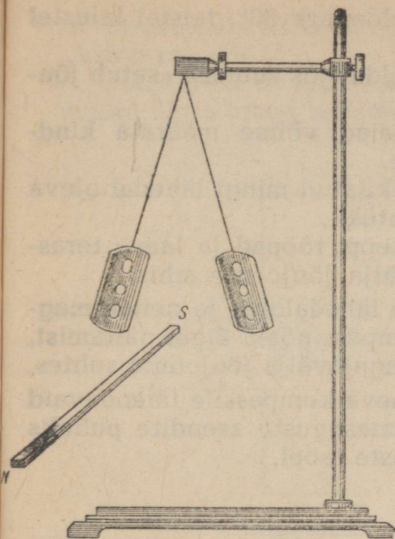
1. Magneti jõujoone suund on näidatud noolega (joon. 141). Määrake poolused.

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

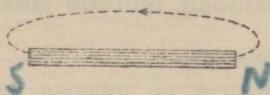
3. Magnetnõela põhjapoolusele lähendati raudtükk, mistõttu nõel pöördus rauast kõrvale. Kuidas antud nähtust seletada?

4. Miks rauapuru, tõmbunud magneti pooluse külge, moodustab üksteisest eemale tõukuvaid tupsusid (joon. 130)?

5. Miks rauaplaadikesed, mis ripuvad niidi otsas kõrvuti, eemalduvad, kui neile lähendada magnet (joon. 140)?



Joon. 140.



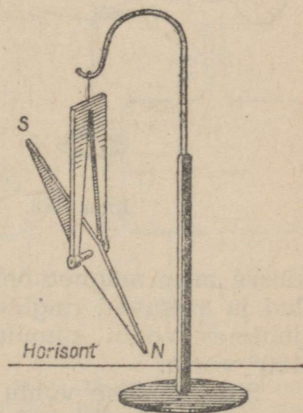
Joon. 141.

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

**116. Maa magnetväli.** Katsed magnetnõelaga, mis asetub kindlas sihis, ja kompassi kasutamine reisidel on selle tõenduseks, et meie asume magnetväljas, 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, sest Maa magnetilised poolused ei ühti geograafiliste poolustega. Nurka antud koha geograafilise meridiaani ja magnetnõela telje suuna vahel nimetatakse k ä ä n d e n u r g a k s (deklinationinurk). 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 magnetvälja 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 k a l d e n u r g a k s (inklinatsiooninurk). See nurk on keskmistel geograafilistel laiustel võrdne  $70^\circ$ -ga (joon. 142).



Joon. 142.

Maa magnetilistel poolustel on kaldenurk  $90^\circ$ , teistel laiustel aga väiksem.

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

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

Asetedes magnetväljas, mis on tekitatud mingi lähedal oleva magneti poolt, magnetiseerub iga rauatükk.

Samuti magnetiseeruvad ka raudkepp, rööpad ja laeva teraskorpus, mis asetsevad Maa magnetvälja jõujoonte sihis.

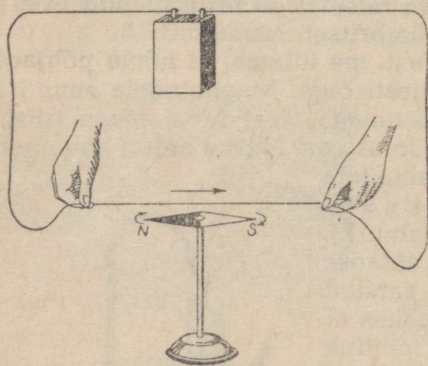
Laeva korpuse raud- ja terasosade lähedalolek ja nende magnetiseerumine mõjutavad muidugi kompassinõela õiget näitamist, kui laev muudab oma asendit Maa magnetvälja jõujoonte suhtes.

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

#### Harjutus 44.

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

**117. Voolu magnetväli.** Asetame magnetnõela kohale paralleelselt temaga juhtme ja laseme juhtmest voolu läbi (joon. 143). Me näeme, et magnetnõel kaldub endisest asendist kõrvale.



Joon. 143.

Niipea kui vool katkeb, võtab magnetnõel esialgse asendi ega kaldu enam kõrvale.

Kuna magnetnõel kaldub kõrvale voolu tõttu, siis nähtavasti tekib voolu läbimisekul juhtmest juhtme ümber magnetväli.

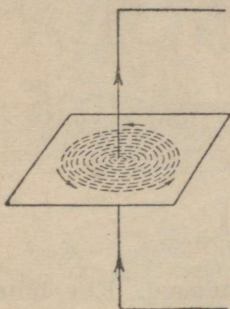
Uurime voolu magnetvälja. Lastes voolu läbi jämeda traadi, mis on torgatud läbi kartongi ja millele on puistatud rauapuru (joon. 144), näeme, et puru asetub juhtme ümber ringidena.

Kui asetada juhtme lähedusse mitu magnetnõela, siis pööravad end kõik magnetnõelad ja asetuvad ringide puutujate sihis (joon. 145). Kui muuta juhtmes voolu suunda, siis pööravad end kõik magnetnõelad  $180^\circ$  võrra.

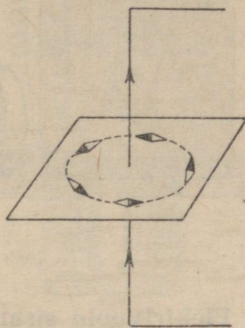
Sirgjoonelise voolu magnetvälja jõujooned on suletud kontsentriselised ringjooned, mis asetsevad voolu sihi suhtes ristiseisval tasapinnal.

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

Jõujooned on suunatud nii, nagu liigub kruvipea, kui voolu suund ühtib kruvi liikumise suunaga (joon. 146).



Joon. 144.

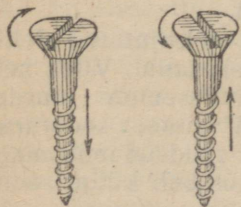


Joon. 145.

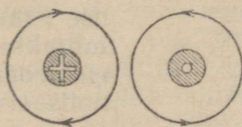
See reegel jääb kergesti meelde. Kruvi liikumise suunas minev vool loob magnetvälja, milles magneti põhjapoolus liigub kellaosuti suunas.

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

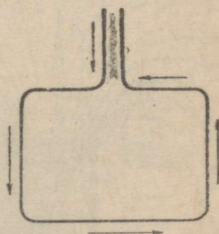
Kui vool juhtmes eemaldub meist, teeme ringi ristikese (nagu näeksime lendava noole saba). Võtnud omaks need tingimused, võime kujutada magnetvälja suunda juhtme ümber, milles on vool, nii, nagu on kujutatud joonisel 147.



Joon. 146.



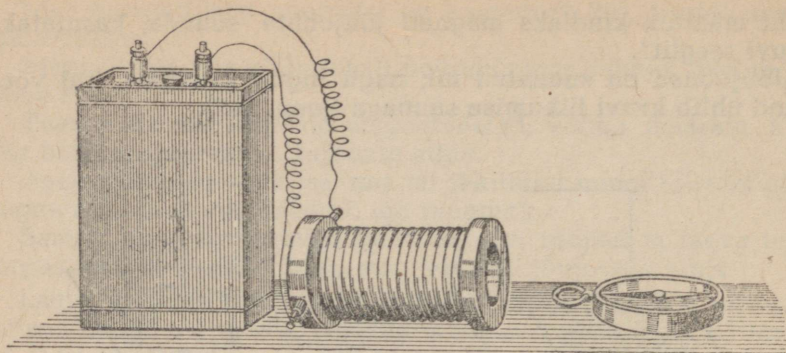
Joon. 147.



Joon. 148.

#### Harjutus 45.

Joonisel 148 on kujutatud traadist ristkülik, mida mööda läheb vool noolte suunas. Joonestage 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, kuidas pöörduv siis nõel?



Joon. 149.

**118. Elektrivoolu sisaldava pooli omadused.** Kui lähendada pooli, mida läbib vool, kompassile (joon. 149), 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 magnetväli meenutab sirge magneti välja (joon. 150).

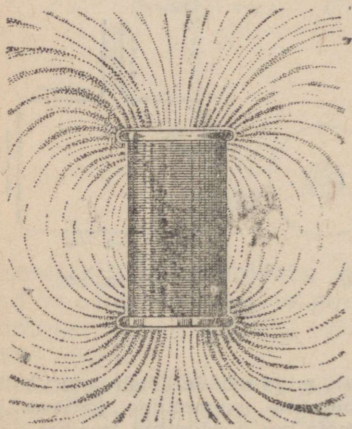
Kui pooli asetada pehmest rauast südamik, siis võib pooli kompassist märgatavalt eemale nihutada ja kompassinõel pöörab end ikkagi.

Järelikult raudsüdamik suurendab pooli magnetilist mõju.

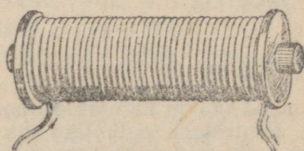
**119. Elektromagnet.** Vooluga pooli magnetilisi omadusi võib ära kasutada elektromagnetite ehitamisel.

Elektromagneti lihtsaim kuju on raudsüdamik, mis on asetatud isoleeritud traadist pooli (joon. 151). Kui pooli läbib vool, saab südamik magnetilised omadused. Niipea kui vool katkeb, kaotab südamik magnetilised omadused peaaegu täiesti.

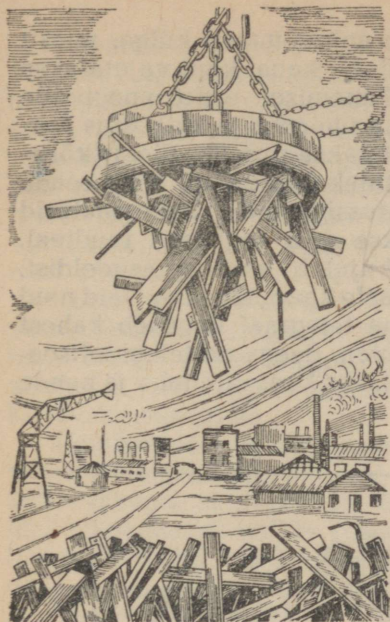
Joonisel 152 on kujutatud elektromagnet tõstekraanal. Viies sellise kraana raudesemete juurde, lülitakse vool sisse; seejuures elektromagneti raudsüdamik magnetiseerub ja tõmbab külge raud-



Joon. 150.

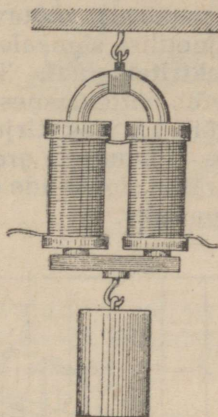


Joon. 151. Sirge elektromagnet.



Joon. 152. Elektromagnet tõstekraanal.

esemeid. Ülestõstetud esemed viiakse teise kohta ja vool lülitatakse välja. Elektromagnet kaotab magnetilisuse, raud asetatakse vajalikku kohta, kraana aga suunatakse uue rauakoorma järele.

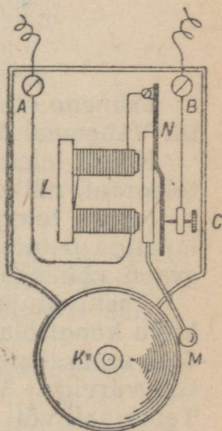


Joon. 153. Hobuserauakujuline magnet.

Tugevat mõju avaldavad hobuserauakujulised magnetid (joon. 153), seepärast kasutatakse neid ka mitmesuguste elektrotehniliste riistade valmistamiseks.

**120. Elektrikõlisti.** Elektrikõlisti on kujutatud skemaatiliselt joonisel 154. Võtnud kõlilt katte, näeme hobuserauakujulist elektromagnetit  $L$ , mille mähise üks ots on kinnitatud kõlisti sisseviiva klemmi  $A$  külge.

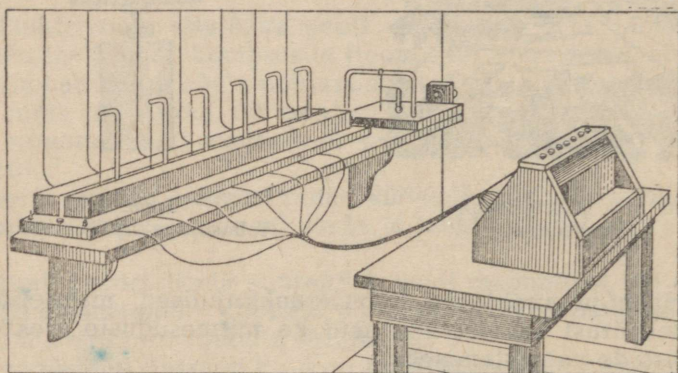
Vool, tulles klemmi  $A$ , voolab algul elektromagneti ühte pooli mööda, läheb siis teise pooli, satub sealt vedrusse  $N$ , mis tõmbab eemale rauast „ankrut“, ja läheb kontaktkrükese  $C$  kaudu, mis ühendab metallplaadikest teise klemmiga  $B$ , vooluringi. Voolu läbimisel tõmbub ankur vastu elektromagnetit ja kuulike  $M$ , mis on ühendatud ankruga, annab löögi vastu kellakausikest  $K$ . Elektromagneti poolt külgetõmmatud ankur eemaldub kontaktkrüksest, mille tagajärjel vool katkeb ja elektromagnet lakkab ankrut külge tõmbamast. Niipea kui vool katkeb, tõmbab vedru ankrut vastu kontaktkrükse, kusjuures tekib automaatselt uus



Joon. 154. Elektrikõlisti.

vooluühendus, elektromagnet tõmbab ankru uuesti külge, uuesti katkeb vooluringis vool, ja see kordub nii kaua, kuni vajutatakse kella juhtme nupule. Ankrul igal lähenemisel elektromagnetile lööb kuulike vastu kella, ja kuna voolu ühendus ja katkestus kordub, kõliseb kell nii kaua, kuni vajutatakse nupule. Elektrikõlitsite abil teostatakse signaliseerimist tulekahju puhul. Võib seada sisse automaatselt töötavaid hoiatussignaale. Automaatseid elektromagnetilisi signaale kasutatakse eriti sagedasti raudteel.

**121. 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* — kaugel ja *grafo* — kirjutada. Seega on telegraafiseadeldis määratud signaalide edasiandmiseks kauguste taha ja nende üleskirjutamiseks.



Joon. 155. Schillingi telegraafiaparaat.

Esimene elektritelegraafiaparaat (joon. 155) leiutati 1832. aastal Venemaal õpetlase Schillingi poolt.

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

Morse telegraafi ehitus on järgmine: saatejaamas *A* on elementide paterei ja eriline voolulüliti *P*, mida nimetatakse telegraafi võtmeks (joon. 156).

Vastuvõtijaamas *B* on elektromagnet, mille pooluste kohal liikuva kangi õla külge on kinnitatud raudplaadike *C*. Kangi teisel õlal, mida tõmbab 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*, lüübib välja ahela. Et sulgeda ahelat, peab vajutama kangile ja viima selle ühendusse kontaktiga. Voolu sisselülimisel jaamas *A* tõmbab elektromagnet jaamas *B* külge raudankru,

mis sunnib rattakest *F* puudutama völlikest *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.

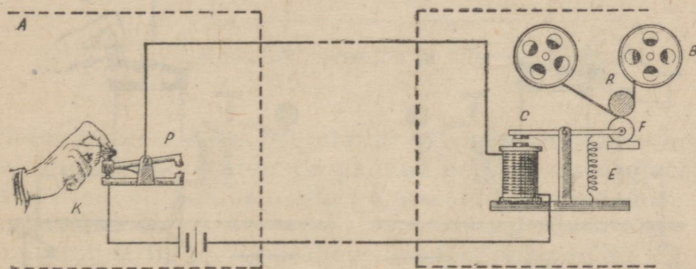
Kombineerides kriipse ja punkte võib nende abil koostada leppemärkide tabeli, mille märgid vastavad alfabeedi tähtedele, numbritele ja kirjavahemärkidele.

Joonisel 157 on kujutatud sama skeem mis joonisel 156, kuid ainult selle vahega, et liiniks jäi üks juhe. Patareist väljuv juhe ja elektromagnetist väljuv juhe pole teineteisega ühendatud metallist juhtme abil, vaid on juhitud maasse. Ilmneb, et sellise ühenduse puhul osutub teine juhe üleliigseks.

Joonistel 156 ja 157 on kujutatud telegraafi-seadeldise lihtsaim skeem, mille abil on võimalik telegrammide üleandmine jaamast *A* jaama *B*, kuid pole võimalik vastupidine üleandmine. Et oleks võimalik telegrammide vahetus jaamade vahel, on tarvilik, et



P. L. Schilling (1786—1837).

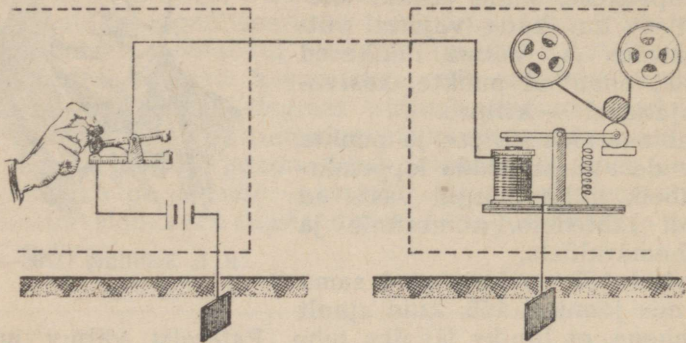


Joon. 156.

igaühes neist oleks telegraafiaparaat ja võti. Kahe jaama ühenduse skeem, mis annab neile võimaluse omavahel ühendust pidada, on kujutatud joonisel 158. Siin näeme, et mõlemas jaamas on telegraafiaparaadid ja võtmed.

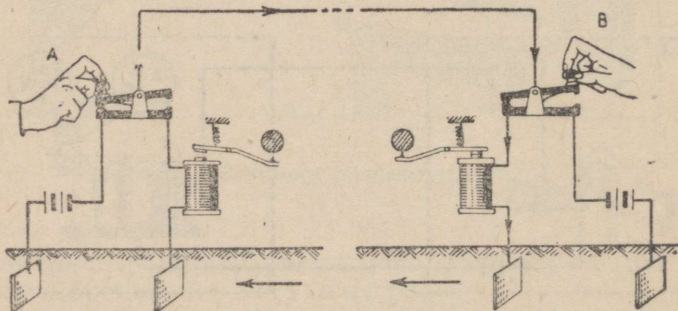
Joonisel 158 on kujutatud kangide asendid sel juhul, kui annab üle jaam *A*, aga jaam *B* võtab vastu. Vool patareist, mille üks poolustest on maandatud, läheb jaamas *A* allavajutatud võtmesse, võtmest juhtmesse, mis ühendab jaamu, kust satub jaama *B* võtmesse, mille kaudu suundub elektromagnetisse ja maandub. Maa kaudu osutub vooluring suletuks.

Olgu tähendatud, et toodud on kõige lihtsamad skeemid, mis selgitavad telegraferimise printsiipi. Praeguste telegraafiaparatuuride ehitus ja töötamine on märksa keerukam.



Joon. 157.

Telegraafiaparatuuri täiustamise alal tuleb märkida vene teadlase Jacobi teeneid, kes esimesena võttis tarvitusele trükitähtedega aparatuurid ja töötas välja maa-aluse juhtme isoleerimisviisid.



Joon. 158.

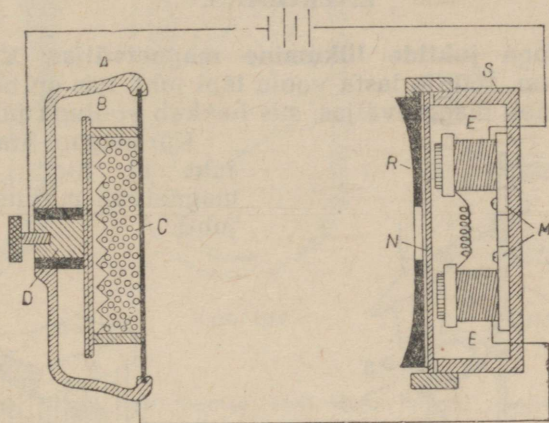
**122. Mikrofon ja telefon.** Lihtsaim telefoni-seadeldis koosneb mikrofonist<sup>1</sup>, saatejaama patareist ja telefonist<sup>2</sup> vastuvõttejaamas. Kui koostada vooluring järjestikku lülitatud mikrofonist, telefonist ja patareist, siis läbib vooluringi vool, mille tugevus sõltub patarei pingest ja vooluringi takistusest.

Mikrofon (joon. 159) on ümmargune metallkarbik A õhukese membraaniga C. Karbis A asetseb süsiplaadike B. Plaadikese B

<sup>1</sup> Kreeka sõnadest: *mikros* — väike, *fone* — hääl.

<sup>2</sup> Kreeka sõnadest: *tele* — kaug, *fone* — hääl.

ja membraani *C* vahele on puistatud söepulbrit. Plaadike *B* on ühendatud juhiga metallvarva *D* kaudu, mis on isoleeritud karbist *A* ja membraanist *C*. Mikrofoni läbiv vool läheb läbi söeterakeste kihi, mis oma ebatiheda ühenduse tõttu kujutab enesest suurt takistust. Kui mikrofoni ees tehakse mõnesuguseid häáli, siis õhu võnkumised panevad võnkuma membraani *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. 159. Mikrofon ja telefon.

Telefonitorusse *S* on paigutatud püsiv (permanentne) teras-magnet *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.

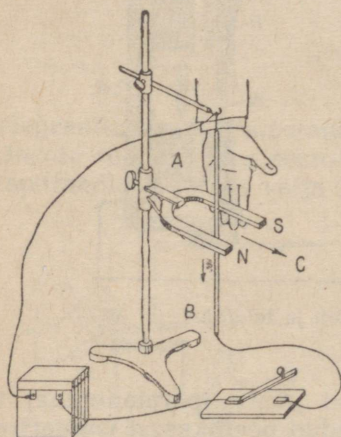
Muutuva tugevusega voolud panevad valjuhääldajas liikuma väikese raudplaadikese, mis on ühendatud suure paberist koonusmembraaniga — difuusoriga. Plaadikese võnkumine paneb võnkuma difuusori, mille tulemusena saadakse valjud hääled.

### XIII peatükk.

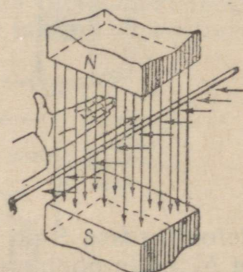
## ELEKTRIENERGIA MUUNDUMINE MEHHAANILISEKS ENERGIAKS.

**123. Vooluga juhtide liikumine magnetväljas.** Kui sulgeda vooluring (joon. 160) ja lasta voolu läbi juhi, mis on hobuserauakujulise magneti magnetväljas, siis hakkab vooluga juht liikuma.

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



Joon. 160. Vooluga juhi liikumine magnetväljas.



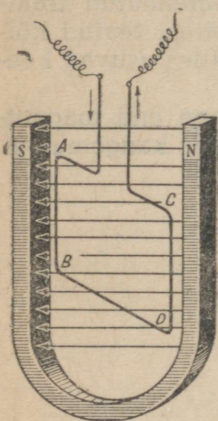
Joon. 161. Vasaku käe reegel.

Muutes voolu suunda või magnetvälja suunda, märkame, et muutub ka juhi liikumissuund, järelikult ka juhtmele mõjuva jõu suund. Vooluga juhi liikumissuunda magnetväljas võib määrata järgmisel viisil (joon. 161): 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 liigub magnetväljas jõu mõjul, siis tehakse seejuures tööd ning tarvitatakse järelikult voolu energiat.

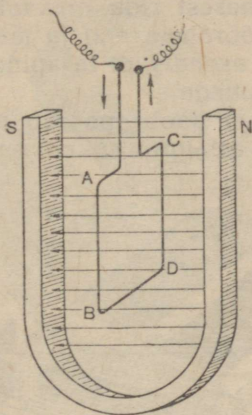
**124. Vooluga raam magnetväljas.** Asetame hobuserauakuulise magneti magnetvälja täisnurkse traatkeeru — täisnurkse raami — nii, nagu näidatud joonisel 162, ning laseme raamist voolu läbi.

Raami osades *AB* ja *CD* on voolul erinev suund, mistõttu raami osa *AB* liigub meist eemale joonise taha, osa *CD* aga meie poole. Raam pöörduv ja asetub nii, et ta tasapind on risti teda läbivate magneti jõujoontega (joon. 163).

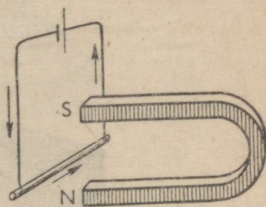
Kui katse algul oleks voolu suund olnud teine, siis oleks raam pööranud end vastupidises suunas.



Joon. 162.



Joon. 163.

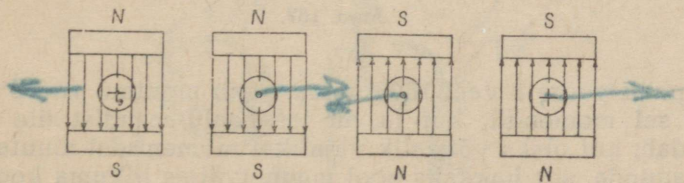


Joon. 164.

#### Harjutus 46.

1. Kuhupoole liigub juht joonisel 164? Voolu suund temas on näidatud nooltega.

2. Magnet (joon. 165) pooluste vahele on asetatud neli vooluga juhti. Kuidas liigub igaüks neist?

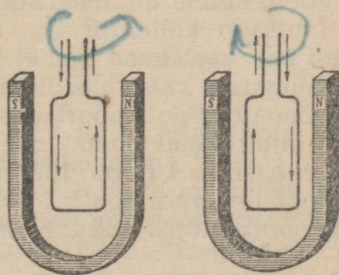


Joon. 165.

Märkus. Punkt ringis tähendab, et vool tuleb meie poole, rist — vool läheb meist eemale.

3. Magnetite pooluste vahele on riputatud kaks raami (joon. 166). 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?



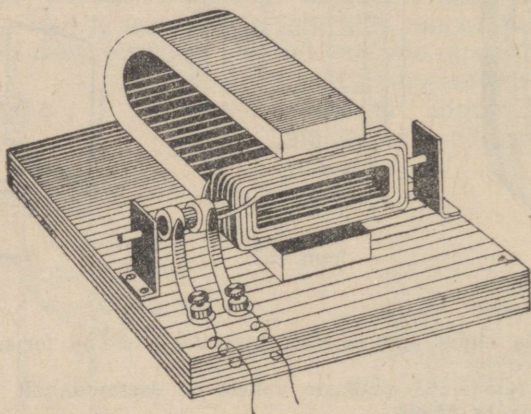
Joon. 166.

**125. Elektrimootor.** Vooluga juhtme liikumine magnetväljas on leidnud kasutamist elektrimootoreis elektrienergia muundamisel mehhaaniliseks energiaks.

Asetame pooli hobuserauakujulise magneti magnetvälja nii, et selle keerdude pind ühtiks jõujoonte suunaga (joon. 167), ja lülime sisse voolu<sup>1</sup>.

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 keerdud, on risti jõujoonte suunaga.

Voolu suuna muutmisel poolis pöörab viimane end magnetväljas 180° võrra ja läheb esialgu tasakaalu-asendist kaugemalegi.



Joon. 167.

Et pooli pöörata veel 180° võrra, peab muutma voolu suunda poolis sel momendil, kui ta on tasakaalu-asendist üle läinud. Tähendab, kui oleks võimalik vajalikel momentidel muuta poolis voolu suunda, siis hakkaks pool magnetväljas liikuma kogu selle aja, mille jooksul temasse antakse voolu.

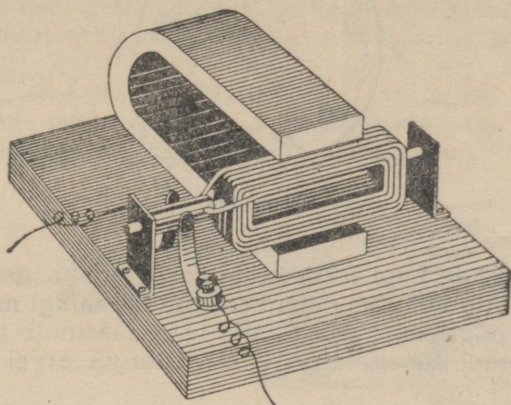
Voolu suuna automaatselt muutmiseks kasutatakse kollektorit. Lihtsaim kollektor koosneb kahest poolrõngast (poolsilindreist), mis asetsevad samal teljel, millel on pool. Vool lastakse poolrõngaisse kahe plaadikese (harjakeste) abil, mis puudutavad poolrõngaid. Pooli pöörlemisel pöörlevad koos ka teljele kinnitatud poolrõngad (joon. 168).

Kui asendis 1 (joon. 169) harjakese *D* külge puutub poolrõngas *M*, siis läheb vool poolis *M*-lt *N*-le ja pool pöörab end 180° võrra. Selle pöörde lõpul hakkab (asend 2, joon. 169) poolrõngas *N* puu-

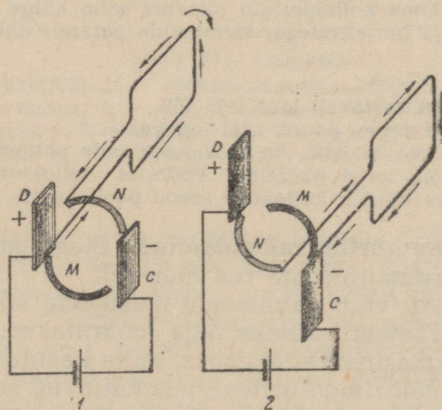
<sup>1</sup> Vool juhitakse pooli kahe vaskrõnga abil, mis on asetatud teineteisest ja teljest isoleerituna pooli teljele; rõngaste külge on joodetud mähiste otsad.

duurima harjakest  $D$  ja vool poolis läheb  $N$ -lt  $M$ -le, mistõttu pool teeb uue  $180^\circ$ -se pöörde jne. Tekib katkestamatu pöörlemine. Joonisel 169 kujutatata magnetväli on suunatud ülevalt alla.

Magnetväli mõjutab pooli suurima jõuga sel juhul, kui pooli keerdude tasapind on asetatud piki magnetvälja jõujooni. Kui



Joon. 168.

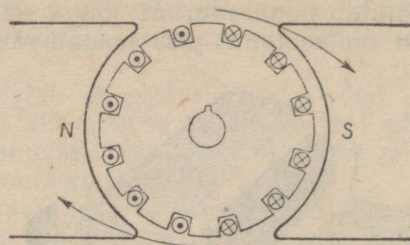


Joon. 169.

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 need teineteisega risti või, nagu seda tehakse tehnilises mootoris, asetada keerud mitte ühele tasapinnale, vaid silindri ümber (joon. 170). Seesugune teatud korras raudsilindrile asetatud juhtide süsteem moodustab mootori a n k r u.

Magnetväli, milles pöörleb sellise mootori ankur, tekitatakse tugeva elektromagnetiga, mis saab voolu samast allikast kui ankru mähiski.



Joon. 170.

Ankur pöörleb, kuni lastakse temasse voolu. Asetanud ankru teljele rihmaratta või ühendanud ankru telje mingi masina teljega, võime ankru pöörlemist edasi anda igale masinale ja panna seda liikuma. Sel teel sooritatakse elektrienergia arvel mehhaanilist tööd.

**126. Laboratoorne töö nr. 9. 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 ankru telje jaoks ja harjakestega; elementide patarei; ühendustraaate.

#### Tööjuhend.

1. Koostada riist vastavalt joonisele 168.

2. Lülitud sisse voolu, 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 magnetväljas.

**127. Elektrimootorite rakendamine.** Elektrimootorid omavad võrreldes soojusmootoritega rea eeliseid.

Elektrimootorit võib valmistada igasuguse võimsusega, olenevalt neist otstarvetest, milleks teda määratakse, alates väikseist 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. Lüliti, 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 töö juures mingisuguseid gaase, suitsu ega auru. Teda võib paigutada igasse ruumi, igale masinale.

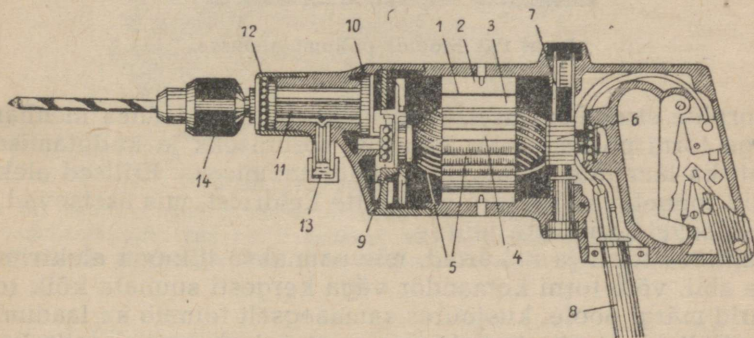
Elektrimootorite ehituse lihtsus teeb neid töös usaldatavaks ja valmistamisel odavaks.

Võimsate elektrimootorite kasutegur tõuseb kuni 96%<sup>o</sup>-ni, mida ei saavuta ükski teine jõumasin.

Elektrimootorid, mis on üles seatud igale üksikule tööpingile, päästavad vabrikud liikuvate rihmade võrgust, võimaldavad energia ratsionaalset ärakasutamist ja kadude vähendamist.

Elektrimootor kulutab energiat ainult siis, kui ta käitab tööpinki.

Energia juhtimine elektrijuhtme abil lubab mehhaniseerida rida töid, mis neis vabrikuis ja tehastes, kus on tarvilusel aurujõumasinad, teostatakse käsitsi.



Joon. 171. Drellpuur.

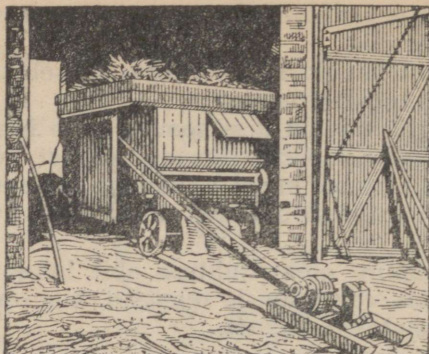
1 — drellpuuri mootor; 2 — elektromagneti südamik; 3 — elektromagneti kingakesed; 4 — ankur; 5 — ankru mähis; 6 — kollektor; 7 — harjakesed; 8 — voolu sisselülitis; 9 — ankru völli; 10 — hammasratas-ajam; 11 — drellpuuri spindel; 12 — kuullaager; 13 — õlik; 14 — drellpuuri pesa.

Drellpuur, milles puur pannakse liikuma väikese mootori abil, on tööliste kätes väikeseks puurmasinaks, mis on võimeline puurima igas suunas ja igas kohas, kuhu ainult puuriga juurde pääseb (joon. 171). Elektrimootorid, mis on asetatud sildkraanale, viivad edasi kraanat ennast ja tõstavad raskusi. Mitmesuguse võimsusega mootorid käitavad vabriku ventilatsiooni.

Võimsaid elektrimootoreid kasutatakse meil põllumajanduses elektriatrade, pumpade, viljapeksumasinade, tuulajate, hekslimasinade ja sortimismasinade käitamiseks (joon. 172); 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.

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



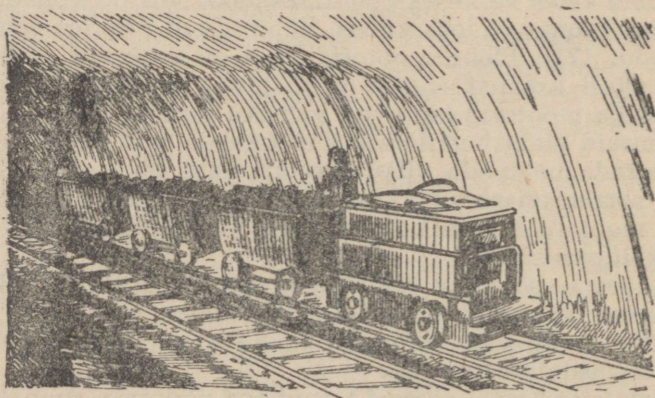
Joon. 172. Mootor põllumajanduses.

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.

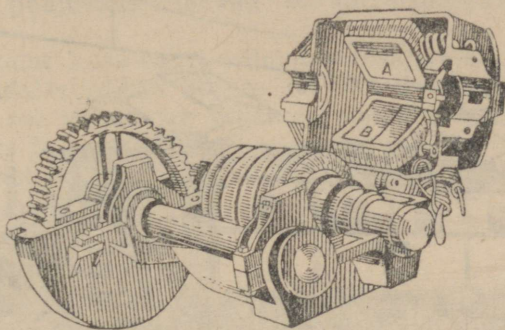
Sõidu ajal vee all on allveelaevadel elektrimootorid, mida toidetakse akumulaatorite patareidega, ainsaks võimalikeks jõumasinaiks.

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



Joon. 173.

Suurtes raudteejaamades ja mitmesugustes töökodades võib tihti kohata terveid ronge väikesi laetud vagonette, mida veab elektrimootoriga varustatud elektrivagonet. Energiat elektrivagoneti mootorile annab akumulaatorite patarei, mis asetseb mootorivagonetil.



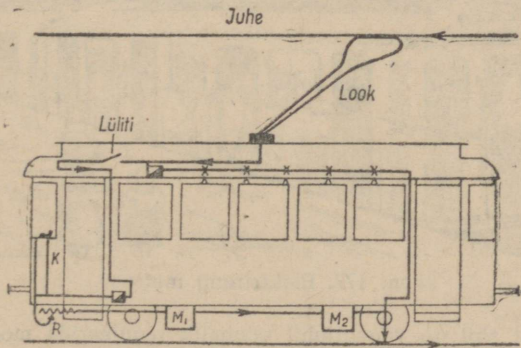
Joon. 174. Trammimootor.

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

Joonisel 173 on näha akumulaatorite patarei poolt toidetava elektrimootori rakendamine kaevanduse elektriveduris, mida kasutatakse maagivagunite veoks.

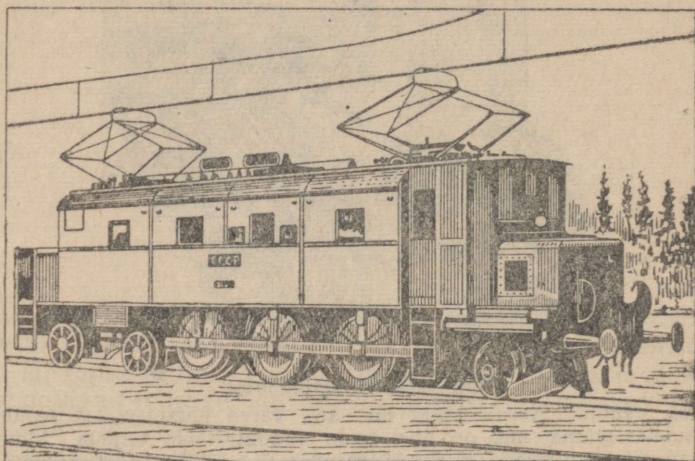
Mootorid, mis panevad liikuma trammivaguni, asetsevad vaguni all iga telje läheduses. Joonisel 174 on kujutatud üks vaguni telgi ühes sellele paigutatud mootoriga.

Vool juhitakse vagunisse looga abil, mis on paigutatud vaguni katusele ja mis puudutab juhet, ning sealt läheb vool rööbastesse. Voolu tee on järgmine (joon. 175): ülemisest juhtmest läheb vool looka mööda erilisse aparraati, mida käsitseb trammijuht, nn.



Joon. 175. Tramm.

kontrollerisse<sup>1</sup> 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.



Joon. 176. Elektrivedur.

NSV Liidus on juba nüüd üsna suur elektrifitseeritud raudteede võrk ja igal aastal suureneb see ikka rohkem ja rohkem.



Joon. 177. Elektrirong metros.

<sup>1</sup> Kontrolleri abil on vagunijuhil võimalik reguleerida mootoris tuleva voolu tugevust, mootorit võrku sisse ja välja lülida ning, muutes voolu suunda ankru mähises, muuta ankru pöörlemise suunda.

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

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

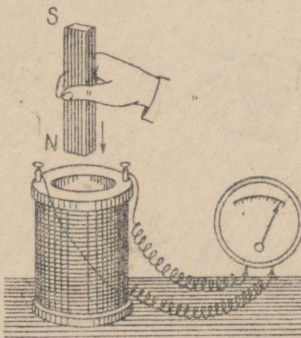
Mootori suur kasutegur, võimalus elektrijaamade kaudu ära kasutada madalasordilise kütuse odavat energiat või vee-energiat — kõik see võimaldab kasutada elektrienergiat majapidamises, tööstuses ja raudteetranspordis nii maa peal (joon. 176) kui ka maa all metroos (joon. 177).

---

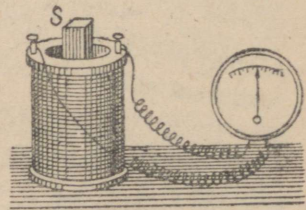
## XIV peatükk.

### ELEKTROMAGNETILINE INDUKTSIOON.

**128. Induktsioonvool.** Me nägime, et magnetnõel kaldub kõrvale juhtmest läbimineva voolu mõjul; vooluga pooli asetatud raudpolt magnetiseerub; vooluga juht, olles magnetväljas, hakkab liikuma. Kõik need nähtused viisid inglise uurija *F a r a d a y* mõttele, et kui vool avaldab magnetilist mõju, kas siis ka magnetväli mõningais tingimuses ei peaks tekitama voolu. 1822. a. Faraday kannab oma märkmeteraamatusse uurimise eesmärgina: „muuta magnetism elektriks“. Faraday teeb temale omase visadusega mitmesuguseid katseid kuni 1831. aastani. Esimesed katsed ebaõnnes-



Joon. 178. Magneti lükkamisel pooli tekib poolis vool.



Joon. 179.

tsid. 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 Faradayl lahendada ülesanne „muuta magnetism elektriks“, korraldame ise mõningaid katseid, milliseid tegi Faraday.

Võtame traadipooli ja ühendame ta tundliku galvanomeetri

klemmidega. Pool ja galvanomeeter moodustavad suletud vooluringi. Galvanomeetri osuti ei kaldu kõrvale, tähendab poolis pole voolu.

Hakkame asetama pooli magnetit; me märkame, et osuti kaldub kõrvale, järelikult poolis on vool (joon. 178). Niipea kui magneti liikumine jääb seisma, kaob ka vool (joon. 179).

Analoogiline nähtus tekib, kui magneti asemel hakkame pooli viima (joon. 180) elektromagnetit, või jättes magneti liikumatult paigale, hakkame pooli tema peale asetama ja ära võtma (joon. 181).

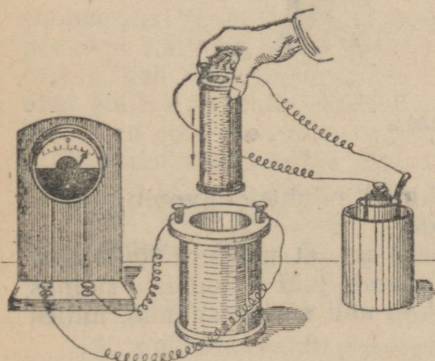
Järelikult juhis tekib elektrivool, kui juht ja magnet teineteise suhtes liiguvad.

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

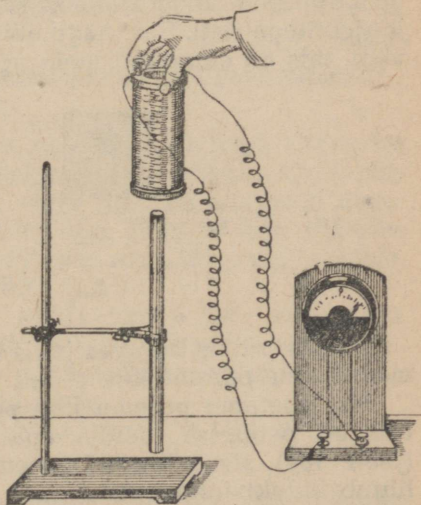
Liigutades juhti (joon. 182-a), mis on kinnitatud tundliku galvanomeetri klemmide külge, tugeva elektromagneti pooluste vahel, märkame, et elektrivool tekib juhis ainult sel juhul, kui juht oma liikumisel lõikab magneti jõujooni, kui aga juht liigub piki jõujooni, neid lõikamata, siis temas voolu ei teki (joon. 182-b).



Faraday (1791—1867).



Joon. 180. Vooluga pooli asetamisel teise pooli sisse tekib viimases vool.

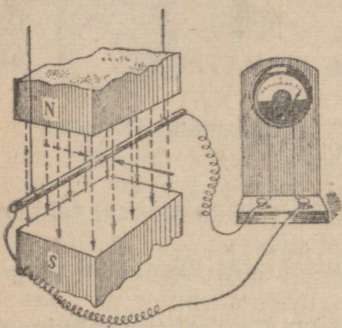


Joon. 181. Pooli asetamisel magnetile tekib poolis vool.

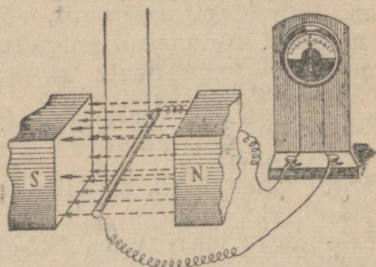
**Elektrivoolu tekkimise nähtust suletud juhis magneti jõujoonte lõikamisel nimetatakse elektromagnetiliseks induksiooniks, tekkivat voolu aga induksioonvooluks.**

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

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

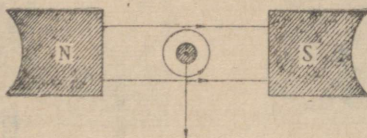


Joon. 182-a. Juht lõikab jõujooni.



Joon. 182-b. Juhi liikumisel piki jõujooni induksioonvoolu ei teki.

**129. Induksioonvoolu suund.** Liigutame juhti, mille ristlõige on kujutatud ringikujuliselt skemaatilisel joonisel 183, allapoole jõujoontega risti. Siis, nagu näitab katse, tekib temas induksioonvool, mis on suunatud meie poole.



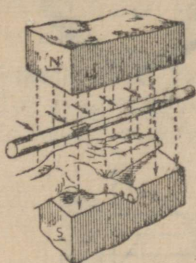
Joon. 183.

Magnetväljas liikuvast juhist tekkinud induksioonvoolu suunda määratakse parema käe reegli järgi.

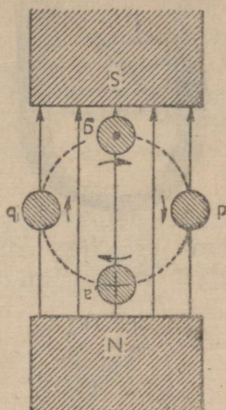
Kui asetame parema käe peopessa nii, et magneti jõujooned tulevad peopessa, pöidla aga suuname juhi liikumise suunas (joon. 184), siis näitavad parema käe neli sõrme suunda, milles liigub induksioonvool.

**130. Vahelduvvoolu saamine.** Liikugu magnetväljas juht, mille otsad on ühendatud galvanomeetriga. Juhi asendid ta liikumisel

märgime ringikestega *a, b, c, d* (joon. 185), mis kujutavad juhi ristlõiget. Nool ringikeste juures tähistab suunda, milles antud momendil liigub juht magnetväljas. Asendis *a* juht, liikudes magnetväljas risti jõujoontega, lõikab neid, mille tagajärjel juhis tekib vool,



Joon. 184.



Joon. 185.

mis juhti mööda eemaldub meist; 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 magnetväljas täispöörde, muutub voolu suund selles kaks korda. Samuti muutub ka voolutugevus juhis.

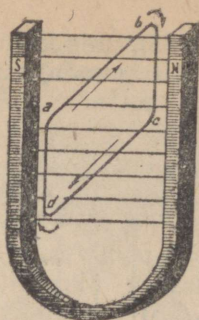
### **Voolu, mille suund ja tugevus perioodiliselt muutub, nimetatakse vahelduvvooluks.**

Oletame nüüd, et magnetväljas pöörleb kellaosuti liikumise suunas juht (joon. 186), mis on painutatud ristkülikuks *abcd*. Niipea, kui ristkülik läheb pööreldes välja joonisel näidatud asendist, lõikab külge *ab* jõujooni, liikudes alla, külge *cd* aga, liikudes üles. Külges *ab* tekib induktioonvool, mis suundub meist eemale, külges *cd* aga vool, mis suundub meie poole.

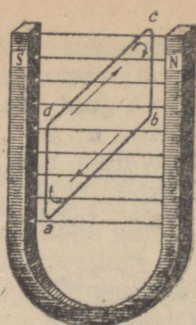
Kui ristkülik pöörab end  $180^\circ$  võrra, võtab külge *cd* asendi, milles oli külge *ab* (joon. 187), ja liigub edasisesel pöörlemisel alla. Seepärast tekib ristküliku külges *cd* induktioonvool, mis suundub meist eemale, külges *ab* aga — meie poole.

Järelikult, traatristküliku pöörlemisel magnetväljas tekib ristkülikus vahelduvvool.

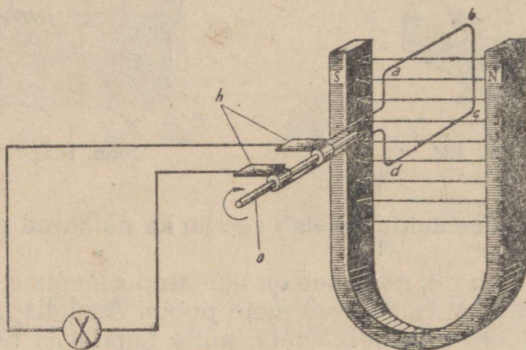
**131. Vahelduvvoolu generaatori ehitus.** Traatristküliku pöörlemisel (joon. 186) muundatakse mehhaaniline energia vahelduvvoolu energiaks, viimane aga soojuseks, soojendades seda traat-



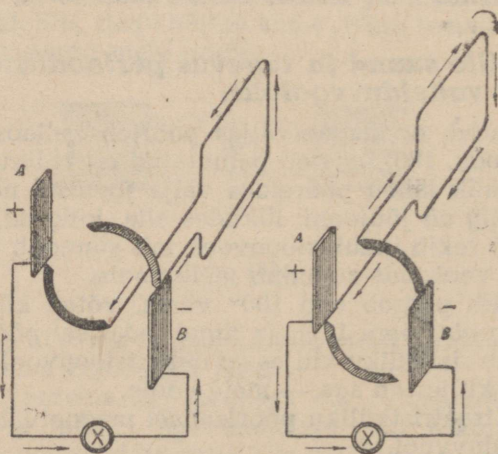
Joon. 186.



Joon. 187.



Joon. 188.



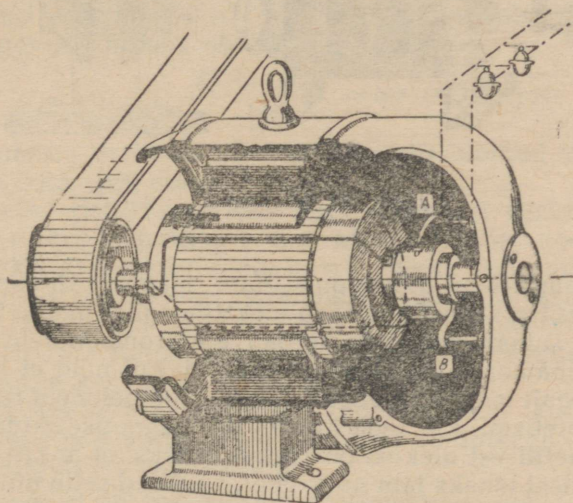
Joon. 189-a.

Joon. 189-b.

Kollektori tegevuse skeem.  
Magnetväli on suunatud ülevalt alla.

mähist meile kasutult. Ulesanne seisab selles, et viia tekkinud vool mingisse tarvitajasse, näiteks elektrilampi. Selleks lõikame ristküliku külje *ad* katki ja ühendame traadi otsad teljel asetseva kahe isoleeritud metalse rõngaga (joon. 188). Rõngad puudutavad metallplaadikesi — harjakesi *h*, mis loovad kontakti välisvooluringiga. Telge *o* võib panna pöörlema mingi jõumasina. Uhes teljega hakkab pöörlema ka traatristkülik — ankur. Seega siis on joonisel 188 kujutatud vahelduvvoolu kõige lihtsama generaatori mudeli skeem.

**132. Dünamomasin.** Paljudeks otstarveteks tuleb vahelduvvoolu alaldada, panna teda välisvooluringis voolama ühes suunas. Voolu alaldamine toimub kollektori abil, mis lihtsamal kujul koos-



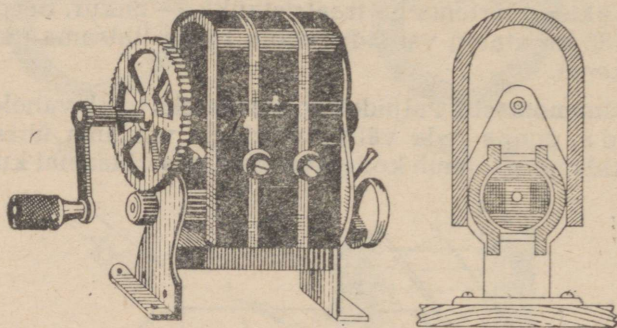
Joon. 190. Dünamomasina läbilõige.

*A* ja *B* — harjakesed, mis puudutavad kollektori poolrõngaid.

neb kahest nii teineteisest kui ka teljest isoleeritud vaskpoolrõngast. Surugu hari *A* (joon. 189-a) vastu tumedat poolrõngast, millesse antud momendil tuleb vool, hari *B* aga surugu vastu heledat poolrõngast, millest vool lahku. Välisvooluringis läheb vool harjast *A* harjasse *B*. Mähises läheb vool heledast poolrõngast tumedasse. Kui pool pöörab end  $180^\circ$  võrra (joon. 189-b), muutub mähises voolu suund: heledasse poolrõngasse tuleb vool, tumedast aga lahku. Selles asendis surub vastu heledat poolrõngast hari *A*, vastu tumedat aga hari *B* ja välisvooluringis läheb vool endises suunas — *A*-st *B*-sse. Saime alalisvoolu generaatori, mida nimetatakse d ü n a m o m a s i n a k s (joon. 190).

**133. Generaatori magnetväli.** Generaatori magnetvälja võib tekitada kas elektromagneti või terasmagnetitega.

Generaatoreid, kus magnetväli on tekitatud terasmagnetitega, nimetatakse *m a g n e e t o d e k s*. Neil on väike võimsus ja neid kasutatakse näiteks sisepõlemismootoreis sädemete tekitamiseks ja telefoni lühiliinidel signaliseerimiseks (joon. 191).



Joon. 191. Magneeto.

Suure võimsusega dünamomasinate magnetväli tekitatakse elektromagnetitega. Kust aga saab elektromagnet magnetiseerimiseks voolu? Dünamomasinais 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 ankru mähisest selle pöörlemisel läheks läbi nõrk vool. Lasknud selle nõrga voolu elektromagneti mähisesse, saavutame tugevama magnetiseerituse; see omakorda kutsub esile tugevama voolu ankrus jne., kuni masin annab maksimaalse voolu.

Vahelduvvoolu generaatoreis annab elektromagnetite ergutamiseks voolu eri dünamomasin, mis on paigutatud generaatoriga ühisele völliile.

**134. Dünamomasina pööratavus.** Dünamomasin on elektrienergia allikaks — generaatoriks. Dünamomasina ankru pöörlemisel tehakse töö mehhaanilise energia kulu arvel. Niimoodi muudab dünamomasin mehhaanilise energia elektrienergiaks.

Ümberpöörduvalt, kui lasta dünamomasina mähisesse elektri-vool, siis dünamomasina ankur hakkab liikuma ja seda ankru liikumist võib ära kasutada ühe või teise töö tegemiseks. Seega võib dünamomasinat kasutada mootorina.

Dünamomasina omadust — muuta mehhaanilist energiat elektrienergiaks ja elektrienergiat mehhaaniliseks energiaks — nimetatakse *p ö ö r a t a v u s e k s*.

**135. Elektrienergia ülekandmine.** Vool, mis liigub mööda juhet, soojendab seda. Soojuse hulk, mis eraldub igas sekundis, oleneb juhtme takistusest ja voolu tugevusest juhtmes. Küllaldase voolu tugevuse ja juhtme takistuse korral võib juhtmes eralduda selline soojuse hulk, et see sulab.

Ohutult võib kindla ristlõikega juhtmest läbi lasta ainult teatud tugevusega voolu. Näiteks 1  $mm^2$  ristlõikega isoleeritud vaskjuhet läbiv vool ei tohi ületada 11 amprit ja 4  $mm^2$  korral 25 amprit.

Oletame, et elektrijaam, mis asetseb energia tarvitamise kohast 130 kilomeetri kaugusel, annab edasi voolu võimsusega 33 000 kW. Milline peab olema juhe selle energia edasiandmiseks 110-voldise pingepuhul?

Et edasi anda 33 000 kW võimsust 110-voldise pingega, peab voolu tugevus juhtmes olema:

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

Kui juhtme ristlõige on 1000  $mm^2$ , siis lubatud voolu tugevus võib olla vaid 1250 amprit.

1000  $mm^2$  ristlõikega juhe kujutab endast vaskrööbast, mille laius on 10 cm ja paksus 1 cm. Meeter sellist rööbast kaalub 8,8 kG. 300 000-amprise voolu korral tuleks võtta niisugune juhe, mis koosneks 240 sellisest paralleelselt lülitatud vaskrööbast, s. o. vaskpalk ristlõikega 2400  $cm^2$ . Sellise palgi paksus võib olla 40 cm ja laius 60 cm. Kahejuhtmelise liini jaoks läheks seda juhet 260 km, mille kaal oleks enam kui 500 000 T.

Et ära hoida liini juhtmete soojenemiseks kuluvat energia kadu, tuleks nad võtta veelgi suurema ristlõikega. Seega suureneks tunduvalt ka vase kulutus.

On selge, et selline energia edasiandmise viis ei ole teostatav ja seepärast tuleb leida sellele ülesandele teine lahendus. Tuleb vähendada voolu tugevust vooluringis, vähendamata selle võimsust.

Sama võimsust võib saada voolu mitmesuguse tugevuse ja pingepuhul. Oletame, et mõningaks otstarbeks on vaja 100-vatine võimsus. Seda võimsust võib anda 10-amprine vool pingega 10 volti või 5-amprine vool pingega 20 volti või 1-amprine vool 100-voldise pingega jne.

Tähendab, kui  $I$ -amprine vool pingega  $U$  volti annab sama võimsuse nagu  $I_1$ -amprine vool pingega  $U_1$  volti, siis nende suuruste vahel kehtib järgmine sõltuvus:

$$IU = I_1U_1 \text{ või } \frac{I}{I_1} = \frac{U_1}{U}.$$

Tulemustest nähtub, et voolu tugevuse muutmise korral, jättes võimsuse endiseks, tuleb tõsta pinget. Nii toimitaksegi voolu edasiandmisel. NSV Liidus kasutatakse elektrienergia edasiand-

misel suurtesse kaugustesse 115 000-voldist ja kõrgemat pinget ning väiksematesse kaugustesse 6600-voldist pinget.

Arvutame juhtme ristlõike sama 33 000 kW energia edasiandmiseks 110 000-voldise pingega. Sel puhul voolu tugevus võrdub:

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

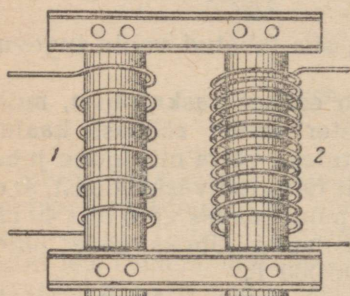
Sellist voolu saab edasi anda mööda vaskjuhet, mille ristlõige on 120 mm<sup>2</sup>. Seega juhtme ristlõige on 2000 korda väiksem kui eelmisel juhul. Tähendab, ka vase tarvitus on 2000 korda väiksem.

Nii võime praktiliselt teostada elektrienergia edasiandmist suurtesse kaugustesse, kasutades kõrget pinget.

**136. Transformaator.** Riistu, mille abil mingi pingega vahelduvvool muudetakse teistsuguse pingega vahelduvvooluks, nimetatakse transformaatoreiks. Transformaatori leiutas

1882. a. Moskva ülikooli mehhaanik-füüsik Ivan Filippovitš Ussagin, saades oma leiutise eest diplomi, millele kirjutasid alla suured vene õpetlased K. A. Timirjazev ja N. J. Žukovski.

Tehniline transformaator (joon. 192) 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 magnetväli ja tekib vahelduv pinget.



Joon. 192. Transformaator.

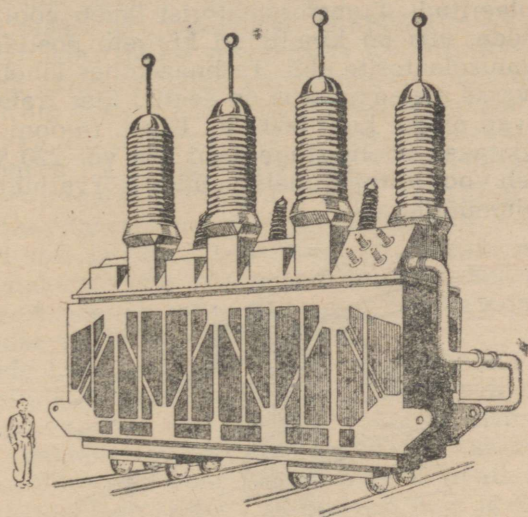
Mitu korda on transformaatori pooli 2 keerdude arv suurem pooli 1 keerdude arvust, nii mitu korda on pooli 2 klemmide pinget kõrgem pooli 1 klemmide pingest.

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.

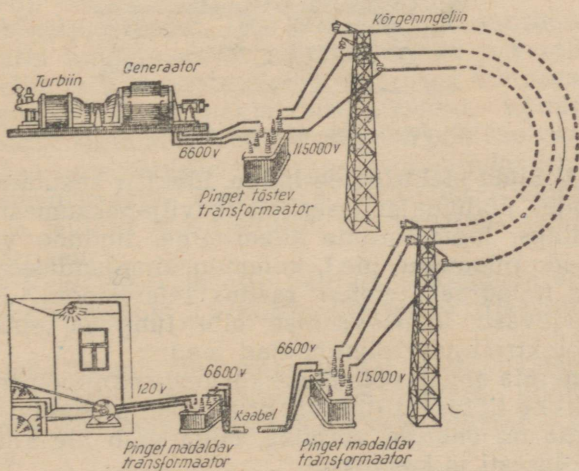
Tehnikas kasutatakse transformaatoreid nii pinget madaldamiseks kui ka tõstmiseks, kusjuures on kindlaks tehtud, et voolu võimsus, mis saadakse transformaatori sekundaarsest poolist, on ligikaudu võrdne voolu võimsusega, mis saadakse primaarsesse pooli<sup>1</sup>. See tähendab: kui me transformaatori abil pinget tõstame, siis me vähendame sama palju kordi voolutugevust.

<sup>1</sup> Nüüdisaegsete võimsate transformaatoreite kasutegur on peaaegu 99%.

Sõna *transformaator* tähendab eesti keeles ümberkuju-  
daja. Transformaatorit kasutatakse selleks, et muuta pinget ja  
voolutugevust, jättes muutmata võimsuse.

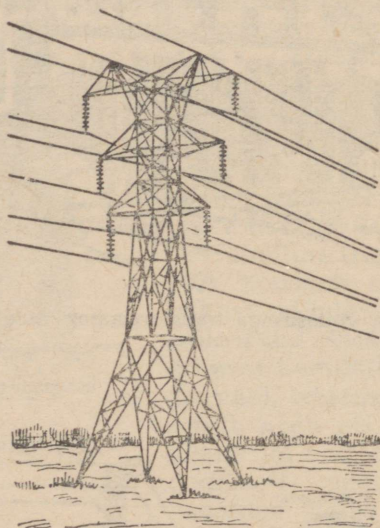


Suure võimsusega transformaatori üldvaade.



Joon. 193. Voolu transformeerimise skeem.

**137. Voolu tee jaamast tarbijani.** Elektri jaamas generaatorite poolt toodetud vool läheb pinget tõstvasse transformatorisse (joon. 193). Kuna harilikult vool läheb transformatorisse 6600-voldise pingega, lahkub aga 115 000-voldise pingega, siis on enesestki mõistetav, et sisse- ja väljaviivad juhtmed peavad olema hoolikalt isoleeritud. Transformaatorist läheb vool paljaid õhujuhtmeid mööda, mis on kinnitatud kõrgete postide (joon. 194) külge portselanisolaatorite abil. Tarbimiskohas läheb elektrienergia madaldavasse alajaama, kus on seatud üles transformatorid, mis madaldavad pinget kuni 6600 V. Edasi, rajooni transformatoris madaldatakse voolu pinge kuni 120 või 220 voldini. Selle pinge all läheb vool toitejuhtmetesse, mille kõrvaljuhtmed lähevad tarbijate voolumõõtjaisse.



Joon. 194. Kõrgepingeliin.

**138. NSV Liidu elektrifitseerimine.** Elektrit kasutatakse kõigis tööstusharudes, põllumajanduses (elektriviljapeksumasinad, tuulajad, elektrilüps, loomatoitude sileerimine, lindude väljahaudumine, loomade pügamine jne.), kommunaalmajanduses, transpordis ja sides (telegraaf, telefon, raadio, televisioon). Elekter on hakanud tugevasti igapäevasesse ellu tungima (elektriköögid, valgustus, elektriahjud, tolmuimejad jne.).

Elektrienergia annab võimaluse kasutada ökonoomselt ja kasulikult kohalikke kütuseid (turvas, pruunsüsi, põlevkivi, puu jne.). Elektrienergia on energia vormiks, mida võib üle kanda kaugel maa taha hõlpsasti ja kasulikult.

V. I. Lenin andis meie maa tööstuse ja põllumajanduse elektrifitseerimisele väga suure tähtsuse. Lenin ütles, et „kommu-

nism — see on nõukogude võim pluss kogu maa elektrifitseerimine“.

1920. a. veebruaris loodi maa elektrifitseerimise plaani väljatöötamiseks riiklik 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 meie maa elektrifitseerimisel. Kuid NSV Liidu elektrifitseerimisplaan mitte ainult teostati, vaid ka ületati. Juba 1932. a. moodustas rajoonide elektrijaamade võimsus 2,9 miljonit kilovatti. Teise viisaastaku jooksul kasvas elektrijaamade võimsus 8,1 milj. kilovatini. NSV Liidu rahvamajanduse taastamise ning arendamise viie aasta plaani kohaselt, mis anti aastaiks 1946—1950, pidi elektrijaamade võimsus 1950. aastaks tõusma 22,4 milj. kilovatini. See plaan ületati.

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 pöörati erilist tähelepanu väikese ja keskmise võimsusega jaamade ehitamisele, alates mõnekümnest kilovatist kuni 500 või 1000 kilovatini.

Selliste jõujaamade tähtsus põllumajanduse ja kohaliku tööstuse arendamises ning samuti rahva kultuurilise taseme tõstmisel on väga suur.

Eriti suur tähtsus on meie maa rahvamajanduse edasisel arendamisel hüdroelektrijaamadel, mis ehitatakse Volgale: Kuibõševi, võimsusega ligikaudu 2 milj. kW, ja Stalingradi, võimsusega ligikaudu 1 milj. 700 tuh. kW.

Need hiigeljõujaamad, mis on maailma suurimad, annavad tohutu suurel hulgal odavat elektrienergiat, mis rahuldab Kuibõševi, Stalingradi ja teiste Volga ümbruses asetsevate oblastite tööstusettevõtete ja põllumajanduse nõudeid. Võimsate hüdroelektrijaamade ehitamine Volgale muudab põhiliselt selle jõe kuju ja omab väga suurt tähtsust veetranspordi arendamisel sellel tähtsamal veemagistraalil. Ehitatakse hüdroelektrijaamu Kaamale, Angarale ja mujale. Neist suurim on Angarale ehitatav Bratski hüdroelektrijaam.

Aastail 1956—1960 on ette nähtud suurendada soojuselektrijaamade koguvõimsust 2,2 korda, hüdroelektrijaamade võimsust 2,7 korda.

Peale selle töötab meil esimene aatomielektrijaam maailmas. Hakatakse ehitama uusi aatomielektrijaamu, koguvõimsusega kuni 2,5 milj. kW, eelkõige nendesse rajoonidesse, kus puuduvad küttevad.

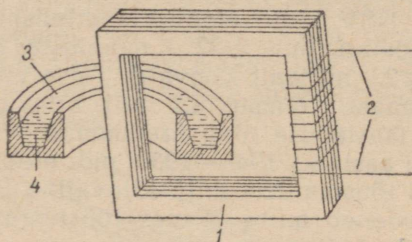
Kõik see annab võimaluse kasutada elektrienergiat laialdaselt tööstuses, transpordis, põllumajanduses ja mujal.

### Harjutus 47.

1. Miks elektrienergia ülekandel kauge maa taha on ökonoomsem kasutada kõrgepingevoolu?

2. Rajooni-elektrijaam, mis asub Moskvast 130 km kaugusel, annab Moskva voolu võimsusega 48 000 kilovatti. Milline peab olema energia ülekandmisel voolutugevus 110-voldise ja 115 000-voldise pingel puhul?

3. Joonisel 195 on kujutatud induktioonelektri-sulatusahju skeem. Sulatusahi on transformator, kus primaarmähis 2 koosneb juhtme keerdudest.



Joon. 195.

Sekundaarmähise asemel on transformatori 1 südamikule pandud rõngastiigel 3 metalliga 4. Voolu laskmisel primaarpooli saadakse tiiglis vool, mille tugevus on nii suur, et soojus, mida ta tekitab, 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 pingel on 2000 volti.

### VASTUSEID.

- |       |                                      |        |                                |
|-------|--------------------------------------|--------|--------------------------------|
| § 26. | 2) 5500 cal.                         | § 52.  | 3) 632 kcal.                   |
|       | 3) 400 g.                            | § 87.  | 1) 0,6 kulonit.                |
|       | 4) kuni 22°.                         |        | 2) 2 A.                        |
|       | 5) 18°.                              |        | 3) 0,5 A; 0,2 A.               |
|       | 6) 3 000 000 kcal.                   | § 91.  | 8) Umbes 3,8 mm <sup>2</sup> . |
|       | 7) 125 kg.                           |        | 9) Umbes 0,26 oomi.            |
| § 30. | 2) 87,3 kcal.                        | § 95.  | 1) 120 volti.                  |
|       | 3) 18 000 kcal.                      |        | 2) 4 volti.                    |
|       | 4) 411,8 kcal.                       |        | 3) 15 kulonit; 0,5 A.          |
|       | 5) 5,4°.                             | § 97.  | 2) 55 vatti.                   |
| § 31. | 1) 120 000 kcal; 1440 kcal.          |        | 3) 0,8 kW.                     |
|       | 2) 12 kg.                            |        | 4) 0,9 A.                      |
|       | 3) 36°.                              | § 98.  | 1) 7,36 kW.                    |
| § 33. | 1) 40 <sup>0</sup> / <sub>10</sub> . |        | 2) 6 kWh.                      |
|       | 2) 44 <sup>0</sup> / <sub>10</sub> . |        | 3) 40 kW.                      |
|       | 3) 77,3 g.                           |        | 4) 8 amprit.                   |
| § 37. | 1) 320 kcal.                         |        | 5) 3 rubla.                    |
|       | 2) 289 kcal.                         | § 99.  | 1) 95 kcal.                    |
| § 38. | 3) 10 000 kcal.                      |        | 2) 20,74 kcal.                 |
|       | 4) 2,5 kg.                           |        | 3) 4 min. 35 sek. jooksul.     |
|       | 6) 112,5 g.                          |        | 4) 1,2°.                       |
| § 44. | 3) 80,85 kcal.                       | § 100. | 3) 0,81 oomi.                  |
|       | 4) 3195 kcal.                        |        | 4) Ei vōi.                     |
|       | 5) 639 kcal.                         |        | 5) 1000 oomi.                  |
|       | 6) 163 g.                            |        | 6) 4 volti.                    |
| § 51. | 2) 2 kcal.                           |        | 7) 3 volti.                    |
|       | 3) 2135 kcal.                        | § 138. | 2) 2200 volti; 50 A; 5 A.      |
|       | 4) 0,09°.                            |        | 3) 436 000 A; 417 A.           |
|       | 5) 3,9°.                             |        | 4) 19 200 kcal; 25 000 A.      |

## SISUKORD.

### SOOJUS.

#### I peatükk. Kehade soojuspaisumine.

1. Sissejuhatus . . . . .	3
2. Öhu paisumine soojenemisel . . . . .	3
3. Vedelikkude paisumine soojenemisel . . . . .	4
4. Laboratoorne töö nr. 1 . . . . .	4
5. Tahkete kehade paisumine soojenemisel . . . . .	5
6. Temperatuur . . . . .	6
7. Termomeetri ehitus . . . . .	7
8. Meditsiiniline termomeeter . . . . .	10
9. Kehade soojuspaisumise suuruse hinnang . . . . .	10

#### II peatükk. Aine molekulaarne ehitus.

10. Aine ehitus . . . . .	13
11. Molekulidevaheline külgetõmme . . . . .	14
12. Molekulide liikumine . . . . .	15
13. Browni liikumine . . . . .	16

#### III peatükk. Soojuse edasikandumine.

14. Soojuse edasikandumine . . . . .	17
15. Konvektsioon . . . . .	18
16. Millest tekib tõmbus . . . . .	19
17. Vesikeskküte . . . . .	19
18. Kuidas tekib tuul . . . . .	20
19. Soojusejuhtivus . . . . .	20
20. Kaevanduselamp . . . . .	22
21. Vee soojuspaisumise iseärasus . . . . .	23
22. Kiirgamine . . . . .	23
23. Termos . . . . .	25

#### IV peatükk. Keha mass ja kaal.

24. Keha mass . . . . .	26
25. Mass- ja kaaluühikud . . . . .	26

#### V peatükk. Soojuse mõõtmine.

26. Soojushulga ühikud . . . . .	28
27. Soojusmahtuvus . . . . .	29

28. Tahkete kehade erisoojuse määramine . . . . .	30
29. Laboratoorne töö nr. 2 . . . . .	31
30. Kuidas arvutada keha soojendamiseks vajalikku soojushulka? . . .	32
31. Kütuse kütteväärtus . . . . .	32
32. Laboratoorne töö nr. 3 . . . . .	33
33. Soojendaja kasutegur . . . . .	33

## VI peatükk. Aine oleku muutumine.

34. Aine üleminek ühest olekust teise . . . . .	34
35. Sulamine ja tahkumine . . . . .	34
36. Laboratoorne töö nr. 4 . . . . .	35
37. Sulamissoojus . . . . .	36
38. Soojuse eraldumine tahkumisel . . . . .	37
39. Ruumala muutumine sulamisel ja tahkumisel . . . . .	38
40. Sulamine ja tahkumine aine molekulaarehituse õpetuse alusel . . .	39
41. Aurumine . . . . .	39
42. Keemine . . . . .	40
43. Laboratoorne töö nr. 5 . . . . .	41
44. Auru kondenseerumine . . . . .	41
45. Keemispunkti sõltuvus rõhust . . . . .	43
46. Auru tekkimine ja kondenseerumine aine molekulaarehituse õpetuse alusel . . . . .	44
47. Gaasi rõhk . . . . .	46

## VII peatükk. Mehhaanilise energia muundumine soojuseks ja soojuse muundumine mehhaaniliseks energiaks.

48. Töö ja soojus . . . . .	47
49. Soojuse olemus . . . . .	48
50. Soojuse mehhaaniline ekvivalent . . . . .	48
51. Joule'i katse . . . . .	49
52. Energia jäävuse ja muundumise seadus . . . . .	50
53. M. V. Lomonossov . . . . .	51

## VIII peatükk. Soojusjõumasinad.

54. Sissejuhatus . . . . .	52
55. Polzunovi aurumasin . . . . .	54
56. Watti aurumasin . . . . .	55
57. Aurujaotusseadis . . . . .	56
58. Sirgjoonelise liikumise muutumine pöörlevaks liikumiseks . . . . .	57
59. Auruturbiinid . . . . .	58
60. Sisepõlemismootorid . . . . .	59
61. Neljataktilise mootori skeem . . . . .	59
62. Jaotusmehhanism . . . . .	61
63. Aeglase põlemisega mootor ehk diiseli . . . . .	62
64. Reaktiivsed mootorid . . . . .	62
65. Soojusjõumasina peamised osad . . . . .	65
66. Soojusjõumasinate kasutegur . . . . .	66

## ELEKTER.

### IX peatükk. Algetadmisi elektrist.

67. Sissejuhatus . . . . .	68
68. Elektriseerimine hõõrumise teel . . . . .	68
69. Elektri kaks liiki . . . . .	70

70. Elektroskoop . . . . .	70
71. Juhid ja isolaatorid . . . . .	73
72. Elektriseerimine indutseerimisega . . . . .	74
73. Elektrimasin . . . . .	76
74. Elektrilisi nähtusi atmosfääris . . . . .	76
75. Piksevarras . . . . .	78

### X peatükk. Elektrivool.

76. Elektrivool . . . . .	79
77. Galvaani elemendid . . . . .	79
78. Akumulaatorid . . . . .	81
79. Akumulaatorite kasutamine tehnikas . . . . .	82
80. Elektrivoolu toimed . . . . .	82
81. Voolu suund . . . . .	83
82. Elektrivoolu ring . . . . .	84
83. Tarvitaja vooluringi lülitamise viise . . . . .	85
84. Laboratoorne töö nr. 6 . . . . .	86

### XI peatükk. Elektrivoolu seadused.

85. Elektri hulk. Kulon . . . . .	87
86. Voolutugevus . . . . .	87
87. Voolutugevuse ühik . . . . .	88
88. Ampermeeter . . . . .	88
89. Laboratoorne töö nr. 7 . . . . .	89
90. Juhtide takistus . . . . .	90
91. Takistuse ühik . . . . .	90
92. Juhi takistuse sõltuvus juhi mõõtest ning ainest . . . . .	90
93. Reostaadid . . . . .	92
94. Pinge . . . . .	93
95. Pinge ühik . . . . .	93
96. Pinge mõõtmine voltmeetriga . . . . .	94
97. Voolu töö ja võimsus . . . . .	95
98. Elektrivoolu tööühikud . . . . .	96
99. Voolu poolt eraldatav soojushulk juhis . . . . .	96
100. Ohmi seadus . . . . .	97
101. Laboratoorne töö nr 8 . . . . .	99
102. Joule'i-Lenzi seadus . . . . .	101
103. Soojendusriistad . . . . .	101
104. Hõõglamp . . . . .	103
105. Lodõgini hõõglamp . . . . .	104
106. Sulavkaitsmed . . . . .	105
107. Elektrihaar . . . . .	105
108. Jablotškovi küünal . . . . .	106
109. Elekterkeevitus . . . . .	107

### XII peatükk. Magnetilised ja elektromagnetilised nähtused.

110. Magnetilised põhinähtused . . . . .	108
111. Magnetnõel . . . . .	109
112. Kompass . . . . .	109
113. Pooluste vastastikune mõju . . . . .	110
114. Magneti ehitus . . . . .	110
115. Magnetväli . . . . .	111
116. Maa magnetväli . . . . .	113
117. Voolu magnetväli . . . . .	114
118. Elektrivoolu sisaldava pooli omadused . . . . .	116
119. Elektromagnet . . . . .	116

120. Elektrikõlisti . . . . .	117
121. Elektritelegraaf . . . . .	118
122. Mikrofon ja telefon . . . . .	120

XIII peatük k. Elektrienergia muundumine mehhaaniliseks energiaks.

123. Vooluga juhtide liikumine magnetväljas . . . . .	122
124. Vooluga raam magnetväljas . . . . .	122
125. Elektrimootor . . . . .	124
126. Laboratoorne töö nr. 9 . . . . .	126
127. Elektrimootorite rakendamine . . . . .	126

XIV peatük k. Elektromagnetiline induksioon.

128. Induktsioonvool . . . . .	132
129. Induktsioonvoolu suund . . . . .	134
130. Vahelduvvoolu saamine . . . . .	134
131. Vahelduvvoolu generaatori ehitus . . . . .	135
132. Dünamomasin . . . . .	137
133. Generaatori magnetväli . . . . .	137
134. Dünamomasina pööratavus . . . . .	138
135. Elektrienergia ülekandmine . . . . .	139
136. Transformaator . . . . .	140
137. Voolu tee jaamast tarbijani . . . . .	142
138. NSV Liidu elektrifitseerimine . . . . .	142
Vastuseid . . . . .	145

Александр Васильевич Перышкин,  
Григорий Иванович Фалеев и  
Вильгельм Вильгельмович Крауклис

Физика. Учебник для 7 класса.

На эстонском языке.

Эстонское Государственное Издательство  
Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

\*

Toimetaja R. Siirak.

Tehniline toimetaja K. Einberg.

Korrektorid A. Nurmoja ja  
M. Teemägi.

Ladumisele antud 21. II 1958. Trükkimisele antud 8. IV 1958. Paber 60×92, 1/16. Trükipoognaid 9,5. Arvutuspoognaid 9,54. Trükiarv 10 000. Tellimise nr. 395. Trükikoda «Punane Täht», Tallinn, Pikk t. 54/58

Hind rubl. 1.75

6—6

Rbl. 1.75

A-22055

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00386257 2