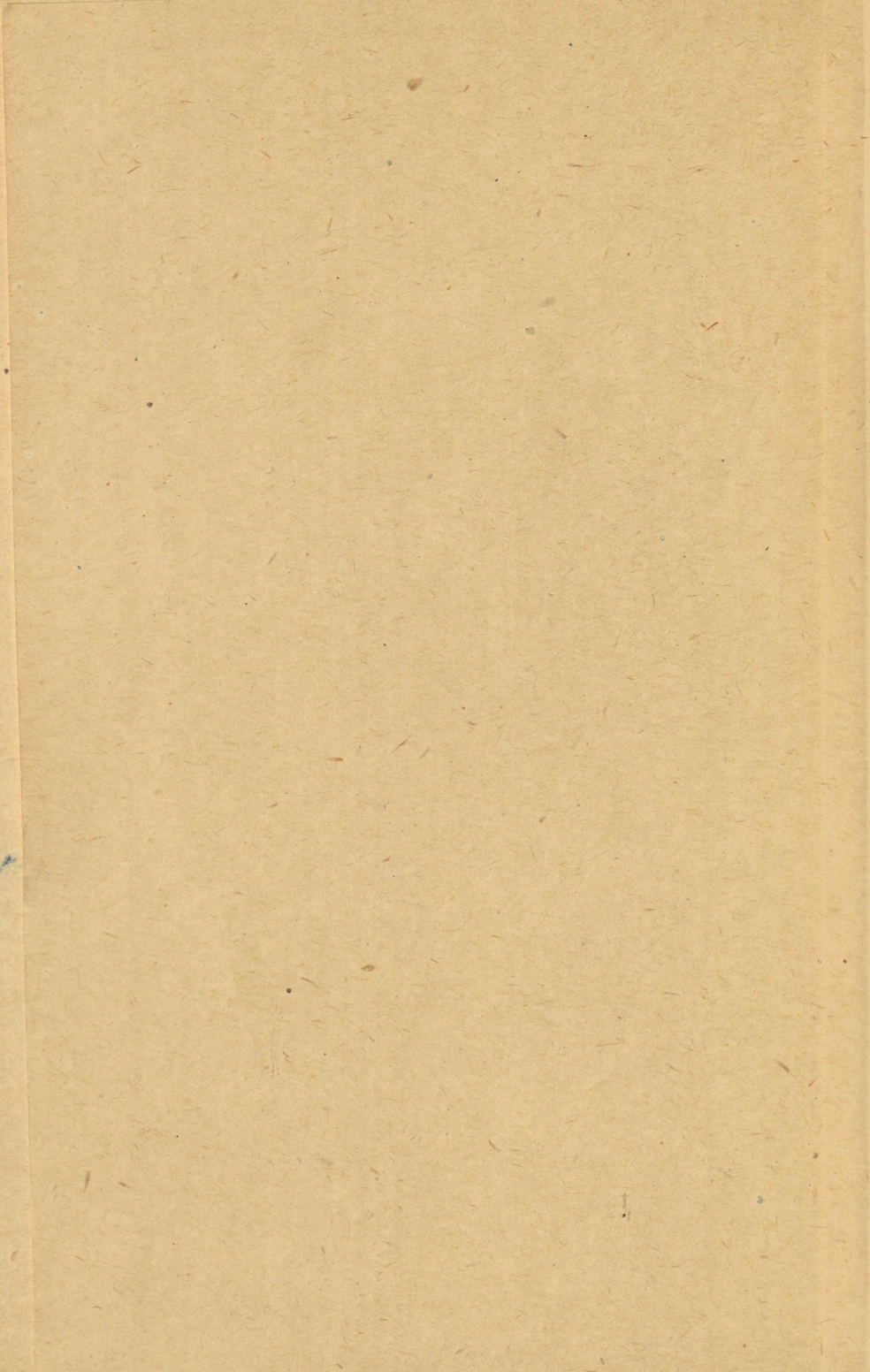


A. Pjorõskin • G. Falejev • V. Krauklis

FÜÜSIKA

VII
KLASSILE

Eesti Riiklik Kirjastus



A-23912

A. PJORÕŠKIN, G. FALEJEV
V. KRAUKLIS

FÜÜSIKA

ÕPIK VII KLASSILE

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1961

Katseprogrammile kohandanud

J. HENDRE

Käesoleva õpiku koostamisel kasutati järgmisi Eesti Riikliku Kirjastuse poolt väljaantud õpikuid:

A. Pjorõškin, G. Falejev, V. Krauklis. Füüsika õpik VI klassile, Tallinn 1957;

A. Pjorõškin, G. Falejev, V. Krauklis. Füüsika õpik VII klassile, Tallinn 1954;

A. Pjorõškin, G. Falejev, V. Krauklis. Füüsika õpik VII klassile, Tallinn 1960.

TARTU ÜLILÕPULI
RAAMATUKOOL

ALGTEADMISI MEHHAANIKAST (järg).

I peatükk.

Töö ja energia. Mehhanismid.

1. **Töö.** Kui me tõstame mingit koormust, näiteks pangea vett kaevust, või paneme kartulikotti koormasse, siis teeme mehhaanilist tööd. On arusaadav, et mida raskem on koormus, mida kõrgemale tuleb seda tõsta, seda suurema töö teeme.

Mehhaanilist tööd tehakse mitte ainult keha tõstmisel, vaid ka kõigil juhtudel, kui rakendatud jõu mõjul toimub keha liikumine.

Hobune veab vankrit; liikuv vasar lööb puusse naela; tööline tõstab ehitusel koormat; plahvatusel tekkiva tohutu suure gaasidehulga rõhk purustab kalju, paiskab kahurist välja mürsu jne.

Kõigil loetletud juhtudel tehakse tööd. Kui me tõstame koormust, siis rakendame jõudu, et ületada raskusjõudu. Kui hobune veab vankrit, siis ta rakendab jõudu, et ületada vankri liikumise takistust. Mida raskem on hobusel vankri vedamine, mida suuremat jõudu ta rakendab ja mida pikem on tee, mida mööda ta vankrit veab, seda suurem on ilmselt ka hobuse poolt tehtud töö. Samasuguse järelduse võib teha ka kõigil muudel juhtudel, kui tehakse tööd. Järelikult sõltub töö hulka rakendatud jõu suuruselt ja selle jõu mõjul keha poolt läbitud tee pikkusest.

Et osata mõõta töö hulka, on eelkõige vaja kindlaks määrata töö mõõduühik.

Tööühikuks võetakse selline töö, mille teeb 1-kilogrammiline jõud 1 meetri pikkusel teel.

Seda tööühikut nimetatakse kilogramm-meetriks¹ (lühendatult — kGm).

Oletame, et vankri liikumise takistusjõud on 30 kG ja hobune veab vankri 100 m kaugusele. Kui suure töö teeb seejuures hobune?

Arutleme nii: 1-kilogrammise liikumistakistuse ületamisel 1 meetri pikkusel teel tehakse 1 kGm tööd. Et ületada 30 kG takistust 1 m pikkusel teel, on vaja teha 30 kGm tööd. Kui aga hobune, arendades 30 kG jõudu, veab vankri 100 meetri kaugusele, siis

¹ ka kilopond-meetriks (lühendatult — kpm).

on ka tema poolt tehtud töö 100 korda suurem. Seega on otsitav töö võrdne $30 \text{ kG} \times 100 \text{ m} = 3000 \text{ kGm}$.

Vaatame teist näidet: oletame, et tõstes mingit koormust, rakedame 10 kG suuruse jõu. Kui suure töö me teeme, tõstes selle koormuse püstloodis 2 m kõrgusele?

Arutanud samuti nagu esimeses näiteski, leiame, et meie poolt tehtud töö võrdub $10 \text{ kG} \times 2 \text{ m} = 20 \text{ kGm}$.

Gaaside keskmine rühumisjõud kuulile püssirauas on 1200 kG, püssiraua keermikuga osa pikkus on 65 cm (0,65 m). Järelikult püssirauast kuuli väljapaiskavate gaaside töö võrdub

$$1200 \text{ kG} \times 0,65 \text{ m} = 780 \text{ kGm}.$$

Vaadeldud näiteist selgub, et tööhulga arvutamiseks on vaja rakendatud jõu suurus korrutada kaugusega, mille keha läbib jõu suunas.

Kui märgime jõu suuruse tähega F , keha poolt jõu mõju suunas läbitud tee pikkuse tähega S , seejuures tehtud töö aga tähega A , siis võib eespool tähendatud sõltuvust märkida nii:

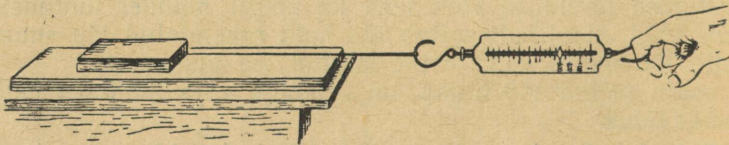
$$A = F \cdot S.$$

Saadud algebralist avaldist nimetatakse mehhaanilise töö arvutamise valemiks.

Harjutus 1.

1. Joonisel 1 näidatud lauake liigub lauatkil ühtlaselt 60 cm kaugusele. Lugege ära, millist tõmbejõudu näitab dünamomeeter (dünamomeetri iga jaotis võrdub 100 grammiga), ja arvutage tehtud töö.

2. Puusaagija lükkab sae 50 cm kaugusele, kasutades 10 kG jõupingutust, kusjuures iga lükkega süveneb saag 3 mm võrra. Kui palju tööd on vaja, et saagida läbi 30 cm jämedune palk?



Joon. 1.

3. Kui suure kiirusega võib hobune vedada vankrit, rakendades 60 kG jõupingutust, kui ta minutis teeb tööd 3600 kGm?

4. 5-atmosfäärilise aururõhu all käis kolb ära 0,5 m. Määrata auru töö, kui kolvi pindala on 300 cm².

2. Võimsus. Ühte ja sama mehhaanilist tööd võivad erinevad jõumasinad teha mitmesuguste aegadega. Kui näiteks tööline kulutab telliste kandmiseks uusehitise ülemisele korrusele mitu päeva, siis võib tõstekraana sama töö teha mõne minutiga.

Ühe hektari suuruse maatüki võib hobusega üles künda 10--12 tunniga, traktor aga teeb sama töö 40--50 minutiga.

Seega on erinevail jõumasinail erinev töövõime ehk võimsus.

Võimsust mõõdetakse tööhulgaga, mida tehakse ühe sekundi jooksul.

Kui tööd mõõta kilogramm-meetritega, siis on võimsuse ühikuks selline võimsus, mis võimaldab teha töö 1 kGm ühes sekundis.

Selle ühiku nimetus tähistatakse lühendatult nii: $1 \frac{\text{kGm}}{\text{sek.}}$

Kui jõumasin teeb ühe minutiga töö, mis on võrdne 30 000 kGm, siis on ta võimsus $\frac{30\,000 \text{ kGm}}{60 \text{ sek.}} = 500 \frac{\text{kGm}}{\text{sek.}}$. Märkides töö tähega A , aja tähega t ja võimsuse tähega N , võime avaldada võimsuse järgmise valemi kujul:

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

Tehnikas mõõdetakse mõnikord masinate võimsust «hobujõudega» (lühendatult hj.).

1 hobujõud võrdub võimsusega $75 \frac{\text{kGm}}{\text{sek.}}$

Nimetust «hobujõud» tuleb tunnistada ebaõnnestunuks¹. Sõna «jõud» on tarvitatud sõna «võimsus» asemel ja pealegi tavaline hobune teeb märksa vähem tööd kui masin võimsusega 1 hobujõud sama aja jooksul.

Kestva töö puhul on hobuse võimsus umbes 0,4—0,6 hj. Inimese võimsus kestva töö puhul on 0,1—0,05 hj. Mitmesugused jõumasinad omavad väga mitmesugust võimsust, hobujõu küm-nendikkudest (õmblusmasina elektrimootor) kuuni sadade tuhandete hobujõududeni (turbiinid).

Harjutus 2.

1. Üks masin teeb ühe minuti jooksul 22 500 kGm tööd, teine masin 8 minuti jooksul 28 000 kGm. Kumb masin omab suuremat võimsust?

2. Määrata tõstemasina võimsus, kui masin tõstab 750 kG 3 m kõrgusele 10 sek. jooksul.

3. Teades, et inimene tarvitab käies rõhtsal teel jõupingutust, mis on võrdne ta enda kaalu $\frac{1}{20}$ osaga, arvutage võimsus, mida te arendate minnes koolist koju.

4. Elevaator tõstab tunnis 720 000 kG teri 25 m kõrgusele. Määrata selleks tööks vajalik võimsus.

5. 100 m sügavusse šahti koguneb minutis 4,5 m³ vett. Kui suur peab olema selle vee ärापumpamiseks kasutatava pumba võimsus?

¹ Võimsuse ühiku «hobujõud» saamisluгу on järgmine. Algul kasutati Watt'i aurumasinat vee väljapumpamiseks söekaevandusest.

Enne aurumasinat tehti see töö hobustega. Seepärast võeti hobust asendava aurumasina võimsuse ühiku kindlaksmääramisel võimsuse ühikuks hobuse võimsus, s. o. tööhulk, mille teeb hobune ajaühiku jooksul.

Arvates, et tugev hobune, arvestades meie ühikuis, võib anda 75 kGm sekundis, nimetati võimsust $75 \frac{\text{kGm}}{\text{sek.}}$ «hobujõuks».

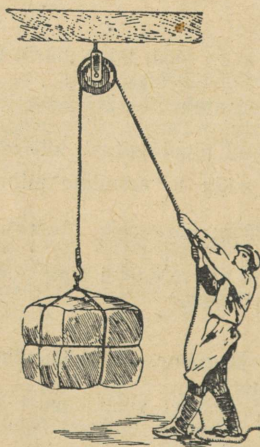
3. Liikumatu plokk. Tehes tööd kasutame tihti mitmesuguseid mehhanisme, nagu plokkke, kange jne. Arutleme lähemalt, mida annab meile nende mehhanismide kasutamine.

Et nööri abil tõmmata koormust alt üles, pole sugugi vaja nööri tingimata ülespoole tõmmata. Võime visata nööri üle mingi toe ja tõmmata nööri selles suunas, millises meil on mugavam. Koormus tõuseb sel juhul üles toe poole.

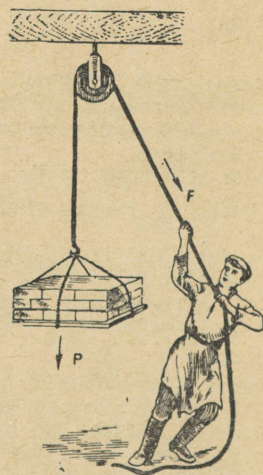
Et vähendada üle toe visatud nööri hõõrdumist, võib nööri märjaks teha või seebitada; võib toe selle koha, mille vastu hõõrub nööri, teha siledamaks, ümmargusemaks; lõpuks võib panna nööri üle rattakese, mis pöörleb nööri liikumisel.

Telje ümber pöörlevat uurdega rattakest, mis on asetatud hargi vahele, nimetatakse plokiks. Joonisel 2 on näidatud, kuidas sellist plokki kasutades tõstetakse üles koormusi. Ploki hark on kinnitatud liikumatult üles, üle rattakese on pandud nööri. Nööri üks ots kinnitatakse ülestõstetava koormuse külge, teist otsa pidi aga tõmmatakse nööri allapoole. Ploki telg jääb liikumatuks. Sellist plokki nimetatakse liikumatuks plokiks.

Arvutame töö, mille teeme, tõstes koormust liikumatu ploki abil, ja töö, mida teeksite, tõstes sama koormuse samale kõrgusele ilma plokita. Selleks on vaja mõõta jõudu, millega tõmmatakse nööri. Mõõtmised näitavad, et see on peaaegu võrdne ülestõstetava koormuse kaaluga (joon. 3) (jõud, millega tõmmatakse, on praktiliselt koormuse kaalust veidi suurem, sest kasutades plokki, oleme sunnitud ületama tõstmisel tekkivat hõõrdumist). Täheleb, jõud, mis tegid töö ühel ja teisel juhul, on võrdsed. Võrdsed on ka läbitud teed, sest kuivõrd liigub edasi nööri ots,



Joon. 2. Liikumatu plokk.



Joon. 3. Liikumatu plokk ei anna võitu jõus ($P=F$).

millest tõmmatakse, niivõrd kerkib koormus. Seepärast on ka tehtud töö ühel ja teisel juhul üks ja sama.

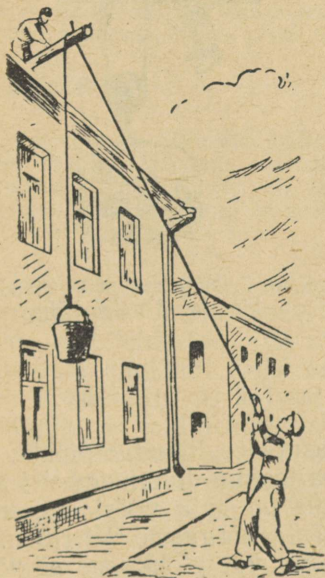
Järelikult ei anna liikumatu plokk meile mingisugust kasu ei jõus ega töös, kuid me võime seda kasutades muuta jõu suunda: me tõmbame nõõri kas allapoole või küljele, koormus aga läheb üles.

Harjutus 3.

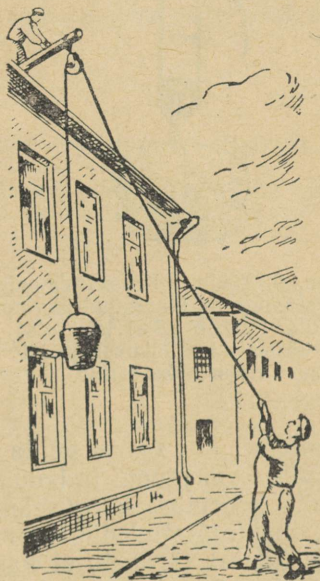
1. Joonistel 4 ja 5 kujutatakse koormuse tõstmise kahte juhtu. Millisel juhul ja mispärast on vajalik suurem jõupingutus?

2. Kas 75 kG raskune inimene suudab liikumatu ploki abil üles tõsta 85 kG? Arutlege võimalikke juhtumeid.

4. **Liikuv plokk.** Ploki abil võib koormust üles tõsta nii, nagu kujutatud joonisel 6. Nõõri üks ots on kinnitatud liikumatult, teist otsa tõmmatakse ülespoole. Tekkinud aasas ripub plokk, mille külge on kinnitatud tõstetav koormus.



Joon. 4. Üle põikpuu on visatud nõõr, mille ühes otsas ripub koormus, teist aga tõmbab tööline.



Joon. 5. Põikpuu külge on kinnitatud plokk; kasutades seda, tõstab tööline üles sama koormuse.

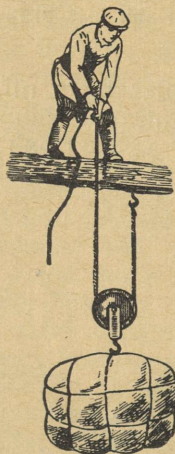
Jõud, millega tööline peab hoidma nõõri, on võrdne jõuga, millega koormus pingutab nõõri.

Kui tööline seob oma nõõri otsa tala külge, siis jääb koormus kohale, kus ta oli, ja nagu varemgi pingutab mõlemat nõõri otsa ühtemoodi. Koormus on riputatud kahele nõõrile, järelikult tuleb igale nõõrile pool koormuse kaalust (joon. 7). On ilmne, et hoida

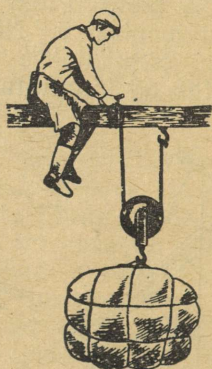
ülal koormust, tuleb ka töölisel rakendada nõõrile jõud, mis on võrdne koormuse poole kaaluga. Seda järeldust võime kontrollida katsega. Kui tõstame üles ploki külge seotud koormuse (joon. 8), siis näitab dünamomeeter, mille rõngast hoiame käes, et koormust hoidev jõud on võrdne koormuse poole kaaluga. Ühes koormuse liikumisega liigub ka plokk.

Sellist plokki nimetatakse liikuvaks plokiks.

Liikuva ploki abil võime tõsta üles koormuse, rakendades kaks korda väiksemat jõudu kui koormuse kaal. Me võidame, nagu öeldakse, jõus kaks korda¹.



Joon. 6. Tööline, kes seisab palgil, mille külge on kinnitatud üks nõõri ots, tõmbab nõõri teist otsa, tõstes üles liikuvale plokil rippuva koormuse.

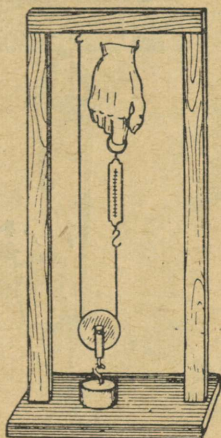


Joon. 7. Mõlemad nõõri otsad on kinnitatud palgi külge.

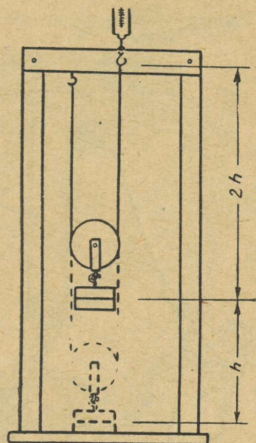
Vaatleme, kas me ei võida töös, kasutades liikuvat plokki. Laseme vihi kuni lauani ja hakkame seda tõstma dünamomeetri abil. Et tõsta koormust kõrgusele h , selleks on vaja nõõri otsa, mille külge on kinnitatud dünamomeeter, tõsta kõrgusele $2h$ (joon. 9). Antud katsest järgneb, et kasutades liikuvat plokki me ei võida töös. Võites jõus kaks korda, kaotame tee pikkuses kaks korda.

Et võita koormuse tõstmisel jõus, kasutades liikuvat plokki, pole töölisel vajadust üle liikuva ploki pandud nõõri tõmmata üles, nagu see on kujutatud joonisel 6. Kinnitanud liikumatu ploki tala külge ja pannud sellest üle liikuva ploki nõõri vaba otsa, võib tööline tõmmata nõõri allapoole, koormus aga tõuseb üles (joon. 10).

¹ Selline järeldus on õige sel juhul, kui hõõrdumine on väga väike, nii et me võime seda mitte arvestada.



Joon. 8. Dünamomeetriga mõõdetakse jõudu, mis on vajalik koormuse tõstmiseks liikuva ploki abil.



Joon. 9. Võites kaks korda jõus, kaotame sama palju kordi läbitud tees.

Harjutus 4.

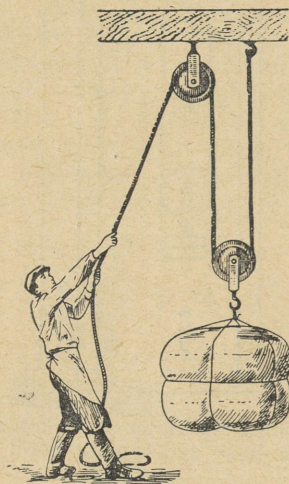
1. Kui suur on võimleja jõupingutus enda ülestõstmisel, kui plokki kasutatakse nii, nagu näidatud joonisel 11?

2. Liikuva plokiga (joon. 10) tõstetakse 50 kG koormust. Kui suur jõud on rakendatud liikumatu ploki hargile? Konksule, mille külge on kinnitatud nõõri ots? Liikuva ploki hargile?

5. Polüspast. Suurte koormuste tõstmisel võib ühe liikuva ploki poolt saadav võit jõus osutada mitteküllaldaseks, seepärast kasutatakse neil juhtudel mitte ühte liikuvat plokki, vaid liikuvate ja liikumatute plokkide süsteemi — polüspasti ehk tali. Selline plokkide süsteem on kujutatud joonisel 12. Iga plokkide-kolmik on paigutatud eraldi klamberhaaki. Ülemine klamberhaak on kinnitatud liikumatult ja tema alumise konksu külge on seotud nõõr. See nõõr haarab alumise klamberhaagi ploki, läheb siis ülemisele plokile ja sealt läbi alumise klamberhaagi keskmise ploki, üle ülemise klamberhaagi keskmise ploki ja haarab lõpuks mõlemad äärmised plokid. Nõõri vabasse otsa rakendatakse jõud, mille abil tõstame üles koormuse, mis on seotud alumise klamberhaagi alumise konksu külge. Kui tõmbame nõõri vabast otsast, siis hakkab alumine klamberhaak tõusma ja tõstab enda järel tema külge seotud koormuse.

Niisiis on alumise klamberhaagi plokid liikuvad, ülemise klamberhaagi plokid aga liikumatud.

Polüspastiga töötamisel sõltub võit jõus polüspasti omadusest. Kuna alumist koormusega klamberhaaki hoiab kuus nõõri, siis tuleb ühele nõõrile ainult üks kuuendik koormusest. Igasuguste kahjulike takistuste puudumisel peab võit jõus kahe plokkide kol-

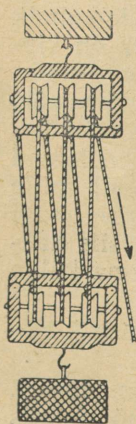


Joon. 10. Ühe liikuva ja ühe liikumatu ploki süsteem.



Joon. 11. Üle liikumatu ploki on pandud nõör, mille ühes otsas on silmus, kuhu on asetatud võimleja jalg, teist otsa tõmbab võimleja, tõstes iseennast.

miku puhul olema kuuekordne. Tõstes koormust polüspasti abil, tuleb nõõriotsa kerida kuus korda pikemalt kui on kõrgus, millele tõstetakse koormus. See tõestab veelkordselt kaotust tee pikkuses. Hõõrdumise tõttu on plokkide juures võit jõus tegelikult märksa väiksem kui teoreetiliste arvestuste järgi.



Joon. 12. Tali chk polüspast.

Harjutus 5.

1. Näidake, kus ja kuidas on joonisel 13 kasutatud ära liikumatu ja liikuva ploki printsiip.

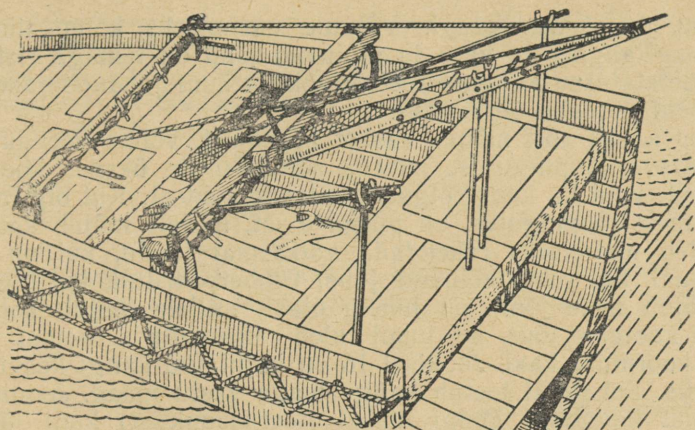
2. Joonisel 14 kujutatakse «koormapuud», mida kasutatakse heinte kokkusurumiseks nende veol. Näidake, kuidas siin on rakendatud plokkide kombinatsiooni printsiipi.

3. Mõelge välja plokkide kombinatsioon, mille abil 20 kg jõudu rakendades võiks tõsta 160 kg koormust.

4. Nööri tugevus võrdub 200 kg koormusele. Kas võib, kasutades plokkide, selle nõõriga tõsta 1-tonnist koormust? Kuidas seda teha?

6. Kang. Väga tihti võib näha, kuidas tööline (joon. 15) suurt raskust tõstes paneb selle alla raudkangi või jämeda puu ja mõjudes oma jõuga ühele puu otsale, tõstab teise otsaga üles raskuse.

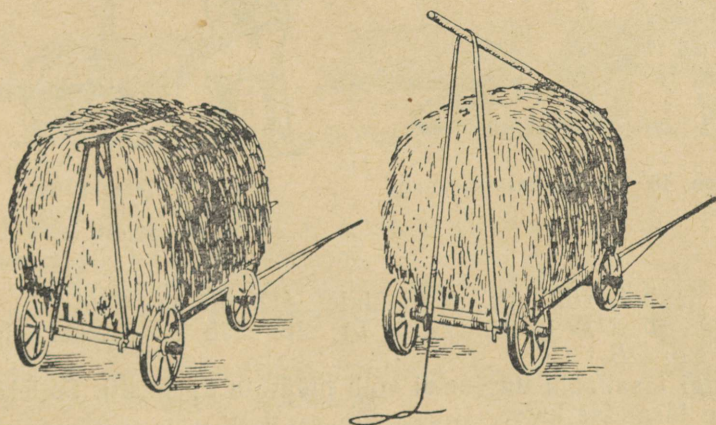
Selle jõu mõjul, toetudes punktile *O*, pöörab end kang, ja tema teine ots, mõjudes rasku-



Joon. 13. Masti ülesajamise viis Vana-Assüürias.

sele, tõstab selle üles. Et tõsta üles raskust, on töölisel vaja kangit pöörata, rakendades kangit otsas jõupingutust (nagu näitab nool punkti *B* juures). Seda pidurdab tööliste poolt tõstetava koormuse takistus, mis mõjub kangile (nagu näitab nool punkti *A* juures¹).

Kui tööliste poolt rakendatav jõupingutus on küllaldane, et ületada takistuse mõju kangile, siis tööline tõstab koormuse üles ja teeb seega tööd.



Joon. 14. Koormapuu kasutamine heinaveol.

Iga tahket keha, mis rakendatud jõu mõjul võib pöörduda liikumatu telje ümber, nimetatakse kangiks. Raudkang, millega tööline tõstab raskust, on kangit lihtsamaks kujuks. Arutleme, mida

¹ Jõudude suund on joonisel 15 kujutatud nooltega.

võidame, kasutades kangi. Võtame uurimiseks kõige lihtsama juhu, kus kangiks on varb ja mõjuvad jõud on temaga risti. Sel juhul nimetatakse kaugust toetuspunktist kuni jõudude rakenduspunktideni jõudude õlgadeks¹.

Tõstes kangi abil mõnda rasket koormust, võime veenduda, et rakendatava jõupingutuse suurus sõltub mitte üksnes koormuse raskusest, vaid ka kangi õlgade pikkuste suhtest. Kui õlg, millele mõjub meie jõupingutus, on pikem õlast, millele mõjub koormus, siis tuleb tõstmiseks rakendada väiksemat jõudu, kui on koormuse kaal. Sel juhul võidame jõus. Ümberpöördult, kui õlg, millele mõjub meie jõud, on lühem õlast, millele mõjub koormus, siis me kaotame jõus: sel juhul tuleb rakendada suuremat jõudu, kui on koormuse kaal. Joonisel 16 on kujutatud kangi kasutamise teine viis. Sel juhul toetub kang otsaga vastu maad. Joonisel 16 kujutatud kaugused kangi otsast (toetuspunktist) kuni jõudude rakenduspunktideni on kangi õlad.

7. Kangi tasakaalu tingimused. Kangil võib tasakaalustada mistahes kaht jõudu. On vaid tarvis, et jõudude ja õlgade vahel



Joon. 15. Tööline kasutab kangi.



Joon. 16. Teine kangi kasutamise viis (teist liiki kand).

oleks teatud sõltuvus. Kui õlale AO mõjub jõud P_1 , õlale OB aga jõud P_2 (joon. 17 a ja b), siis jääb kang tasakaalu, kui $OA \cdot P_1 = OB \cdot P_2$.

Kangi tasakaalu tingimusi võib määrata ka teisiti. Selleks sooritame järgmise katse.

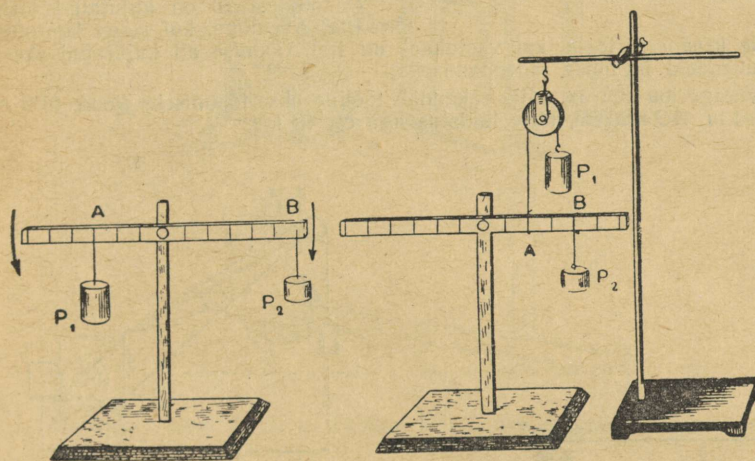
Riputades kangile (joon. 17 a ja b) mitmesuguse suurusega koormusi (võrdseid ja mittevõrdseid), taotleme koormuste sellist asendit, et kang jääks tasakaalu.

Tasakaalustanud kangi, mõõdame kangile mõjuvate koormuste õlad. Seesuguse katse tulemused on kantud tabelisse:

¹ Jõu õlaks üldjuhul nimetatakse toetuspunktist jõudude sihti kujutavale joonele lastud ristlõigu pikkust.

Vasakpoolne õlg		Parempoolne õlg	
Koormus (grammides)	Õlg (sentimeetrites)	Koormus (grammides)	Õlg (sentimeetrites)
100	20	50	40
200	5	50	20
50	30	100	15

Esimeses katses mõjus vasakule õlale, mille pikkus on 20 cm, jõud 100 G, ja et kangi tasakaalustada, tuli rakendada 50 G jõudu



Joon. 17 a ja b. Kangide õlgadele rakendatud jõud.

kaks korda pikemale õlale, s. o. õlale pikkusega 40 cm. Taolisi tulemusi saadi ka teistel katsetel.

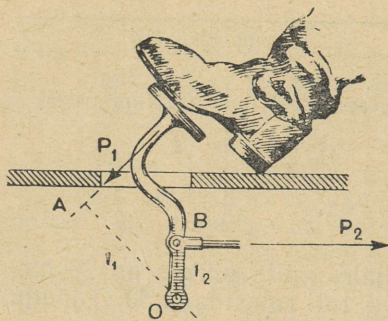
Mitu korda lühem õlg on väiksem pikemast õlast, niisama palju kordi on lühemale õlale rakendatud jõud suurem pikemale õlale rakendatud jõust.

Järelikult, *kangi tasakaalustamiseks on vaja, et kangi õlad oleksid pöördvõrdelised jõududega.*

Selle järelduse võib üles tähendada nii:

$$\frac{OA}{OB} = \frac{P_2}{P_1}$$

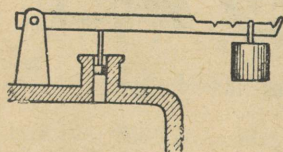
See reegel on maksev mitte üksnes sirge kangi, vaid mis tahes kujulise kangi suhtes. Tarvitseb ainult meeles pidada, et jõu õlaks tuleb lugeda ristjoone pikkust, mis on tõmmatud toetuspunktist



Joon. 18. Jõudude õlad.

võib selle kraanaga tõsta, kui vastukaal on 1 T (joonise all kujutatud skeem annab juhendeid ülesande lahendamiseks).

3. Arvutage jõu suurus, mille rakendab tööline ukse tõstmiseks (joon. 21 a, b), kui $BO=1$ m, $AO=20$ cm, ukse takistus aga on 40 kG.



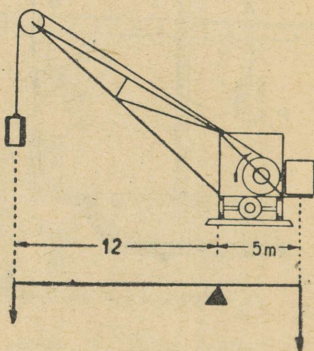
Joon. 19. Kaitseventiil.

jõu sihti kujutatavale joonele. Nii näiteks on jõu P_1 (joon. 18) õlaks OA , aga jõu P_2 õlaks OB .

Harjutus 6.

1. Joonisel 19 on kujutatud kaitseventiili¹ läbilõige. Arvutage, kui suure raskuse peab riputama pikemale õlale, kui rõhk katlas on 12 at. Klapi pindala on 3 cm², klapi ja kangi kaalu arvesse ei võeta. Õlad mõõta joonise järgi.

2. Joonisel 20 on kujutatud tõstekraana. Arvutage, kui suurt koormust annab juhendeid ülesande lahendamiseks).



Joon. 20. Tõstekraana.

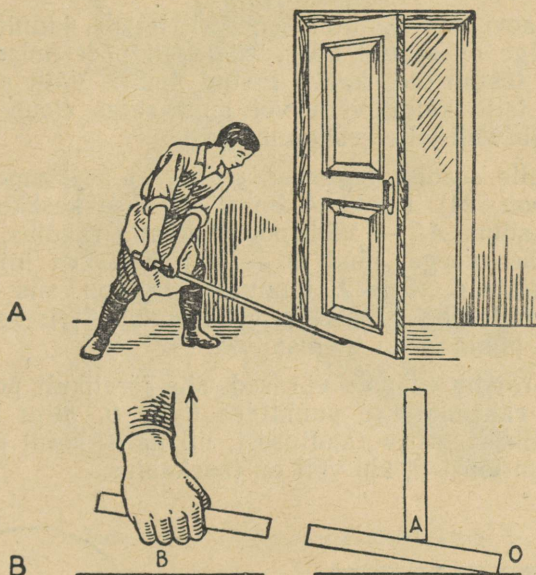
8. Kas kangi kasutamisel võidame töös? Et lahendada seda küsimust, korraldame katse.

Olgu meil vaja 1 kG tõsta 0,1 m kõrgusele. Kui see tõstmine teostada ilma kangita, siis on vaja teha tööd:

$$A = 1 \text{ kG} \times 0,1 \text{ m} = 0,1 \text{ kGm.}$$

¹ Kaitseventiil on eriline seadis, mis paotab ava (näiteks aurukatlas), kui aururõhk katlas tõuseb üle normi. Kaitseventiil kaitseb aurukatelt võimaliku lõhkemise eest.

Sooritame selle töö, kasutades kangi, mille toetuspunkt on rakendatavate jõudude vahel, tasakaalustades 1 kG vihi 0,5 kilogrammise jõuga (joon. 22). Märkinud ära kangi mõlemate otste

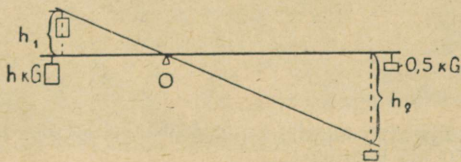


Joon. 21 a, b. Tööline tõstab ust kangiga.

kõrgused laua kohal, tõstame 1 kG vihi kõrgusele $h_1=0,1$ m. Mõõtes nüüd kauguse h_2 , milleni laskus ots, millele mõjub jõud 0,5 kG, leiame, et see võrdub 0,2 m. Järelikult 0,5 kG jõu töö võrdub:

$$A_1=0,5 \text{ kG} \times 0,2 \text{ m} = 0,1 \text{ kGm.}$$

Näeme, et $A=A_1$. Teisiti öeldes, kangi abil ei võideta töös midagi. Kasutades kangi, võime võita kas jõus või tee pikkuses.



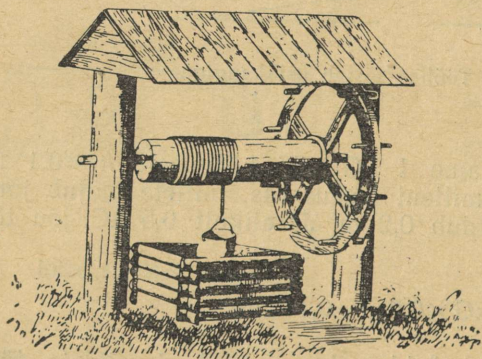
Joon. 22. Tööde võrdsus kangil.

Kui me oma jõupingutuse rakendame pikemale õlale, siis võidame jõus, kuid kaotame niisama palju kordi tee pikkuses. Mõjudes jõuga lühemale õlale, võidame tee pikkuses, kuid kaotame niisama palju jõus.

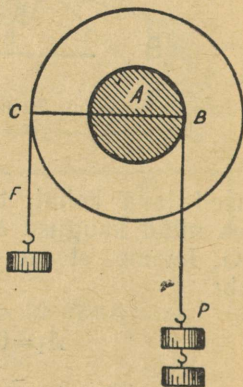
9. Pöör. Kaevupöör kujutab enesest teljele kinnitatud võlli. Selle võlli külge on seotud nõör, mis võlli pöörlemisel keritakse võllile ja mis tõstab üles kaevu lastud ämbri. Võlli pööramiseks tehakse võlli telje külge vänt või suur ratas (joon. 23), mille keskpunkt ühtib võlli telje keskpunktiga.

Vaatleme selle seadise tegevust, seepärast kujutame seda skeemiliselt (joon. 24). Punkt A on pöörlemise keskoht, kaugus AB — võlli raadius, AC — võlli pöörava ratta raadius. Jõud P on ämbri kaal ühes veega, jõud Q — pange tõstva inimese jõud. Kui läbi punktide C , A ja B tõmmata sirgjoon, siis saame joonise kangist, mille üheks õlaks on võlli raadius, teiseks õlaks aga ratta raadius; punkt A on toetuspunkt.

Kuna need raadiused pole võrdsed, siis järelikult pole võrdsed ka jõud, mis rakendatakse punktides C ja B . Mitu korda võlli raadius on väiksem ratta raadiusest, nii palju kordi peab olema jõud Q väiksem jõust P , kui võll on tasakaalus.



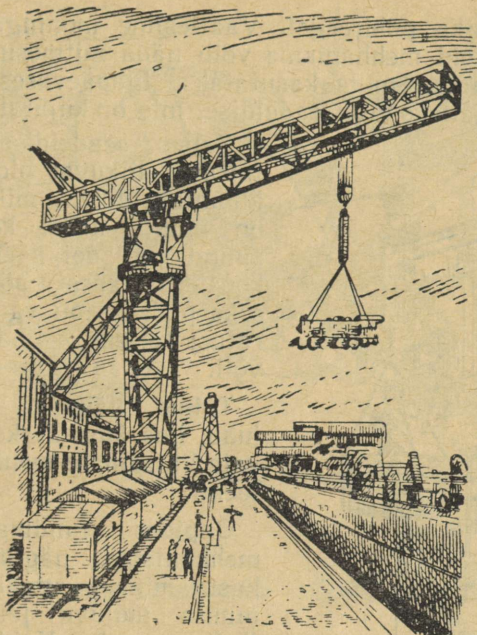
Joon. 23. Pöör.



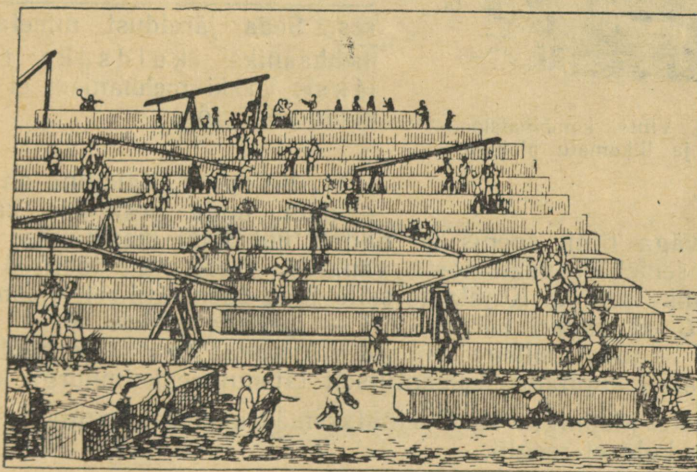
Joon. 24. Pööra skeem.

Harjutus 7.

1. Kalkuleerige välja ning kujutage joonisel pöör, millega, rakendades 10 kG jõudu, võib tõsta 150 kG koormust.
2. Pööra võlli läbimõõt on 20 cm, vända pikkus on 50 cm. Kui suurt jõupingutust on vaja 12 kG raskuse veepange tõstmiseks?

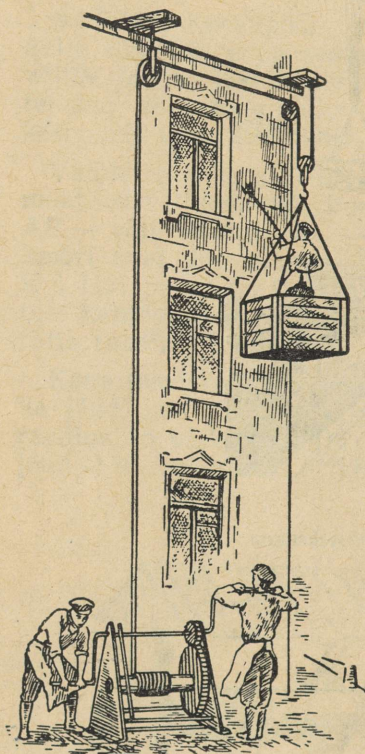


Joon. 24-a. Nüüdisaegne tõstekraana.



Joon. 24-b. Kangide kasutamine vanas Egiptuses.

10. Mehhanika põhireegel. Vaatlesime mõningaid lihtsamaid mehhanisme. Neid mehhanisme võib näha mitmesugustes tööriistades ja masinates, mida kasutatakse igapäevases elus ja tööstuses. Võtame näiteks tõsteseadeldise, mis on kujutatud joonisel 25.



Joon. 25. Vintsi kombinatsioon liikuva ja liikumatu plokiga.

Selles seadeldises näeme me tuttavat liikuvat plokki, kahte liikumatut plokki, mille eesmärgiks on muuta kahel korral jõudude suunda; allpool näeme vintsi, mis koosneb kahest pöörast. Esimeseks pööraks on vänt ja hammasratas; teiseks — hammasratas ja võll.

Tõime näitena ühe lihtsama juhu, kus kasutatakse meile tuttavate lihtsamate mehhanismide süsteemi.

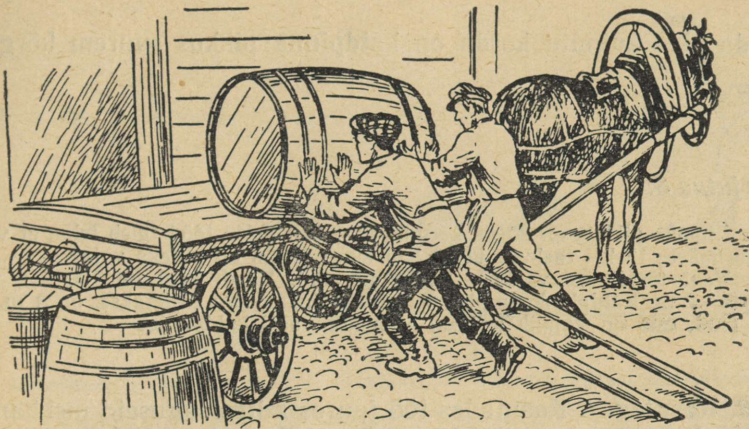
Õppides tundma lihtsamaid mehhanisme, nägime, et nende kasutamine annab võimaluse muuta mõjuva jõu suurust ja tema suunda. Kuidas me nende mehhanismide kasutamisel ka muudaksime mõjuva jõu suurust, me paneme tähele kõikide mehhanismide juures üldist seadust: kuimitu korda me võidame jõus,

niimitu korda kaotame tee pikkuses. Seda järeldust nimetatakse mehhanika «kuldseks reegliliks». Ükski mehhanism ei anna meile võitu töös.

11. Kaldpind. Kaldpind on mehhanism, mida praktikas kasutatakse väga tihti. Joonis 26 näitab üht tema kasutamise viisi. Selle asemel et vaati tõsta vankrile, veeretavad töölised teda kaldplanke mööda. Kujutame selle juhu skemaatiliselt (joon. 27). Siin BC on vankri kõrgus, AB — palkide pikkus, P — vaadi kaal, F — jõud, millega töölised veeretavad vaati (iga kaldpinda võime alati kujutada skemaatiliselt täisnurkse kolmnurga kujul).

Tööliste jõupingutuse F kindlaksmääramiseks kasutame mehhanika kuldset reeglit.

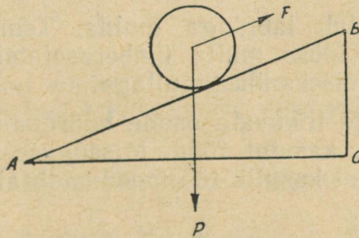
Vaadi tõstmisel kõrgusele BC tehakse töö, mis on võrdne vaadi kaalu P ja kõrguse BC korrutisega, s. o. $P \cdot BC$.



Joon. 26. Kaldpinna kasutamine.

Veeretades vaati aga kaldplanke mööda, töölisel teevad töö $F \cdot AB$.

Kuna mehhaanika kuldse reegli põhjal ei saa ühegi mehhanismi abil võita töös, siis peavad need kaks töö — $P \cdot BC$ ja $F \cdot AB$ — olema võrdsed.



Joon. 27. Kaldpinna skeem.

Märgime nende võrdsuse üles:

$$P \cdot BC = F \cdot AB \text{ ehk } \frac{P}{F} = \frac{AB}{BC}, \text{ s. o.}$$

kasutades raskuste tõstmiseks kaldpinna, võidame jõus niimitu

korda $\left(\frac{P}{F}\right)$ kuimitu korda on kaldpinna pikkus suurem kõrgusest $\left(\frac{AB}{BC}\right)$.

Harjutus 8.

1. Lüümäe pikkus on 20 m, kõrgus 4 m. Kui palju tööd tuleb teha, et vedada sellele mäele 15 kG raskune kelk? Kui suurt jõudu on selleks vaja?
2. Vaat tõstetakse vankrile kaldpinna abil. Vaadi kaal on 100 kG, vankri kõrgus 1,2 m. Kaldplankude pikkus, mida mööda vaati tõstetakse, on 3 m. Määrata jõud, mis on vajalik selleks, et hoida vaati kaldpinnal.

12. Kasutegur. Kasutades töö juures mitmesuguseid mehhanisme ja tööriistu, tuleb meil teha peale meie vajaliku töö veel teatud hulk kasutatud tööd. Selgitame seda näitega.

Tööline kannab telliskive maja teisele korrale. Et telliskive oleks mugavam kanda, laob tööline need kandelaual. Telliskive igakordsel ülesviimisel tuleb töölisel teha ka tööd kandelaual üleskandmiseks ja tal endal tuleb üles tõusta. Mida raskem on kandelaud, seda suurem osa tööline tööst kulub kandelaual tarbetuks üleskandmiseks. Mida kergem on kandelaud, seda rohkem telliskive suudab tööline sama jõupingutuse abil sellega kanda, seda suurem osa tööline tööst läheb telliskivide kandmisel «kasulikuks» tööks. Tööline teeb veelgi rohkem kasulikku tööd, kui ta telliskivide ülestõstmiseks kasutab mõnesuguseid mehhanisme, nii et tal endal pole tarvis üles tõusta.

Mullatööline pillub labidaga mulda. Tema töö läheb mitte üksnes kasulikku tööks mulla ümberasetamisel, vaid ka vältimatult labida tõstmiseks ühes mullaga.

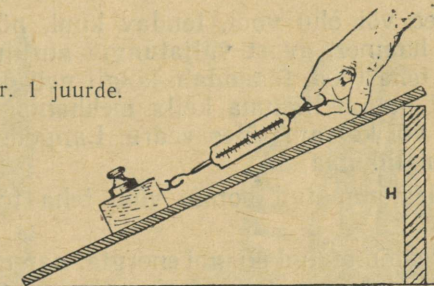
Igas mehhanismis liikuvate osade hõõrdumise tagajärjel tuleb meil teha ülearust, kasutatud tööd. Missuguse töö me näitena ka võtaksime, leiame, et kasulik töö moodustab alati ainult osa kogu tehtud tööst.

Arvu, mis näitab, missuguse osa kogu tehtud tööst moodustab kasulik töö, nimetatakse kasuteguriks.

Harilikult väljendatakse kasutegur protsentides. Oletame, et 40 kGm kasuliku töö saamiseks tuli meil teha tööd 50 kGm. Kui suur on kasutegur?

Et määrata kasutegurit, on vaja teada, missuguse osa moodustab 40 kGm 50-st kilogramm-meetrist. Selleks on 40 kGm vaja jagada 50 kGm-ga. Saame $\frac{40}{50} = 0,8$ või 80%. Tähendab, kasutegur on 80%.

Joon. 28. Laboratoorse töö nr. 1 juurde.



13. Laboratoorne töö nr. 1. Töö eesmärk — määrata kaldpinna kasutegur.

Töövahendid: 1 meetri pikkune ja 15—20 cm laiune hõõveldatud laud, umbes 20 cm pikkune puust platvorm, haagiga dünamomeetri kinnitamiseks, mitmesuguseid koormusi, kaaluga 0,5 kG, 1 kG, 2 kG, koolidünamomeeter.

Tööjuhend.

Mõõtke kaldpinna pikkus ja kõrgus, ning tõmmates koormusega platvormi ühtlaselt mööda kaldpinda, vaadake, kui palju näitab dünamomeeter (joon. 28). Mõõtmiste ning arvustuste tulemus kandke tabelisse:

Jrk. nr.	Tõmbejõud	Kaldpinna pikkus	Tõmbejõu töö	Koormusega platvormi kaal	Kaldpinna kõrgus	Kasulik töö	Kasutegur	Keskmine kasutegur
1.								
2.								
3.								

Korraldage mitu katset erinevate koormustega, jättes muutmata kaldpinna pikkuse ja kõrguse. Arvutage kasutegur ning võtke selle keskmine väärtus.

14. Energia. Kui keha võib teha tööd, siis öeldakse, et keha omab energiat.

Nii näiteks omab energiat liikuv õhk — tuul. Rõhudes veskitiibadele, võib ta need panna liikuma, ja kuna veskitiivad on ühenduses ülekande-mehhanismi kaudu veskikividega, siis hakkavad liikuma ka veskikivid. Seejuures tehakse tööd. Kahurist välja lennanud mürisk teeb oma lennul tööd, ületades õhutakistust ja põhjustades oma teel purustusi. Järelikult ka temal on energia. Samuti omab energiat auru all teel seisev vedur. Vedades vaguneid, teeb ta tööd takistuste ületamisel (hõõrdumine, õhutakistus). Täpselt samuti võib tööd teha tammi abil paisutatud vesi.

Liikuva keha energiat nimetatakse kineetiliseks¹ energiaks ehk liikumise energiaks.

¹ Kreekaakeelsest sõnast *kinema*, mis tähendab liikumine.

Vee või õhu vool, lendav kuul, pöörlev masina hooratas, langev haamer, avast väljatungiv aurujuga — kõik need kehad võivad teha tööd, tähendab, kõigil neil on kineetilist energiat.

Et panna liikuma kella mehhanismi, tõmbame üles kella pommid või keerame üles vedru. Langedes paneb pomm kella mehhanismi liikuma.

Ülestõmmatud pomm võib teha tööd. Tähendab, tal on energiat.

Ülestõmmatud pommi energia, samuti nagu iga muu maast üles tõstetud koormuse energia, üleskeeratud vedru ja suruõhu energia on potentsiaalse energia näiteiks.

Sõna «potentsiaal» tuleneb sõnast «potents», mis tähendab «võime». Potentsiaalne energia on seesugune energia, mida määratakse kehade olekuga (pomm on üles tõstetud, vedru on üles keeratud, gaas on kokku surutud jne.) ja mis võib vabaneda teatud tingimustes.

Ülestõmmatud kellapomm paneb üksnes siis kella mehhanismi liikuma, kui talle antakse võimalus langeda. Üleskeeratud kella-vedru paneb kella mehhanismi käima, kui ta seejuures end lahti keerab. Kokkusurutud õhk võib panna liikuma mitmesuguseid kehi, kui ta seejuures paisub.

15. Energia jäävuse ja muundumise seadus. Mäe otsa viidud kelgul on potentsiaalset energiat. Mida kõrgem on mägi, millele kelgu viime, seda suurem on kelgus peituv potentsiaalne energia. Kui kelk laskub mäest alla, siis väheneb ta potentsiaalne energia, kuid see-eest liigub kelk ikka kiiremini — kasvab tema kineetiline energia.

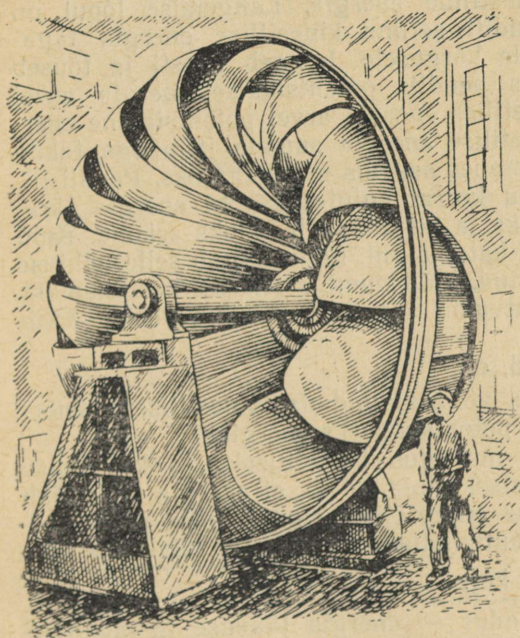
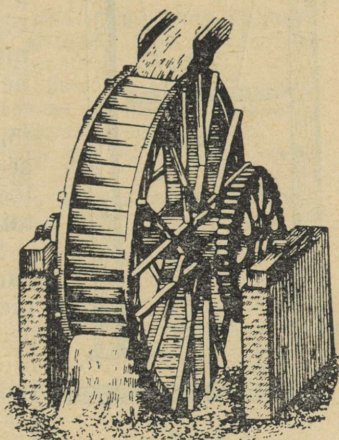
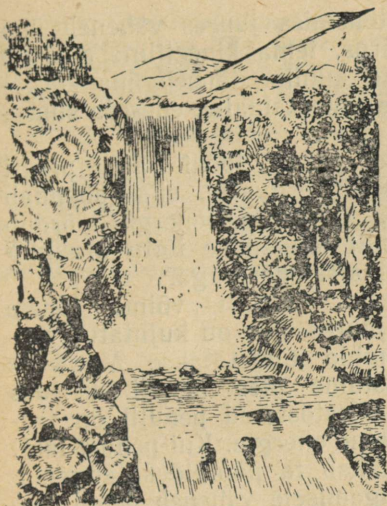
Laskunud mäest alla ja omades kineetilist energiat, jätkab kelk liikumist. Ta jääb seisma, kui kogu kineetiline energia on kulutatud hõõrdumise ja õhutakistuse ületamiseks. Mida suuremalt kõrguselt kelk alla lastakse, seda suurema vahemaa käib ta kuni täieliku seismajäämiseni.

Järelikult, mida suurem potentsiaalne energia on kelgul mäe tipul, seda suurem on tema kineetilise energia tagavara mäe jalal

Kui liita mäest alla sõitnud kelgu kineetiline energia mäe jalal ja energia, mis kulus liikumise takistuse ületamiseks, siis oleks nende energiatega summa täpselt võrdne kelgu potentsiaalse energiaga mäe tipul.

Tõstame marmorplaadi kohal üles teraskuulikesse. Oma ülemises asendis on kuulikesel teatud potentsiaalse energia tagavara. Mida kõrgemale tõstame kuulikesse plaadi kohal, seda suurema energiata tagavara anname kuulikesele.

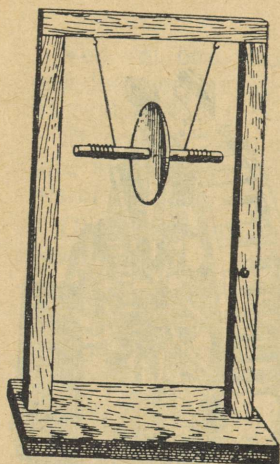
Kui kuulike hakkab langema, siis väheneb tema potentsiaalse energia tagavara, kuid ühes sellega kasvab kuulikesse kineetiline energia.



Joon. 28-a. Langev ning
voolav vesi omab ener-
giat, mida kasutatakse
ära vesirataste ja turbiin-
nide abil. Joonistel ülal
ja vasakul on kujutatud
vesiratas, võimsusega
kuni 100 hj. ja turbiin
võimsusega kuni 35 000 hj.

Löögi momendil vastu plaati on kuulikesel ainult kinetiline energia; pärast lööki vastu plaati tõuseb ta üles samale kõrgusele, milliselt alustas langemist¹.

¹ Ohutakistuse tõttu kulub osa kuulikese energiat selle takistuse ületamiseks ja tegelikult tõuseb kuulike väiksemale kõrgusele.



Joon. 29.
Maxwelli pendel.

Selle ülestõusmise juures väheneb üha kuulikese kiirus, tema kineetiline energia väheneb, kuid kuulike tõuseb üha kõrgemale — tema potentsiaalne energia suureneb.

Kui kuulike pärast lööki vastu plaati tõuseb endisele kõrgusele, siis tähendab see, et tema kineetiline energia võrdub löögi momendil langemise tõttu ära kulutatud potentsiaalse energiaga.

Samasuguseid nähtusi võime tähele panna riista juures, mis on kujutatud joonisel 29 ja mida nimetatakse Maxwelli pendliks. Tõstame üles pendli, kerides niidi teljele. Ülestõstetud pendlil on teatud potentsiaalne energia. Kui pendel lahti lasta, siis hakkab ta pööreldes langema. Vastavalt langemisele väheneb pendli potentsiaalne energia ja selle asemel kasvab kineetiline energia. Langemise lõpul on pendlil selline kineetilise energia taga-

vara, et ta tõuseb endisele kõrgusele. Langeb uuesti ja tõuseb jälle. Selles katses tekki pendlis potentsiaalse energia arvel kineetiline energia ja kineetilise energia arvel potentsiaalne energia. Potentsiaalse ja kineetilise energia summa jääb aga takistuse puudumisel pendli mistahes asendis muutumatuks. Pendli liikumise takistuse olemasolu korral kulutatakse ta energia järkjärgult takistuse ületamiseks ja pendel jääb lõpuks seisma. Kuid see energia, mis oli pendlil katse algul, nagu näitab selle nähtuse hoolikas uurimine, ei kadunud, vaid muutus teiseks, keerukamaks energiavormiks, millega tutvume füüsikakursuse edasisel õppimisel.

Arutletud näited osutavad, et:

- 1) potentsiaalne energia võib muunduda kineetiliseks energiaks ja kineetiline energia potentsiaalseks energiaks;
- 2) potentsiaalse energia muundus kineetiliseks ja kineetilise energia muundus potentsiaalseks toimub nii, et energia hulk jääb muutumatuks, järelikult ühe energialiigi muundumise puhul teiseks jääb energia hulk muutumatuks: energia ei hävi ega teki

uuesti, ta vaid muudab oma kuju.

Nii kõlab looduse põhiseadus — energia jäävuse ja muundumise seadus.

16. Igavene jõumasin. Mitmesugustel aegadel ja mitmesugustes maades oli leidureid, kes püüdsid ehitada «igavest jõumasinat» — masinat, mis, olles kunagi käima pandud, teeks tööd ja jätkaks liikumist iseenesest kui just mitte «igavesti», siis vähemalt seni, kuni masin ära kulub, ammutamata seejuures kuskilt energiat.

«Igavest jõumasinat» nimetatakse ladina keeles, milles varemalt kõik teadlased kirjutasid oma tööd, *perpetuum mobile*.

Mõeldi välja väga palju keerukaid igavese jõumasina mehhanisme, paljusid neist ehitatigi. Kuid ükski mehhanism mitte ainult ei teinud tööd, kulutamata seejuures energiat, vaid temale antud liikumine lõppes üsna kiiresti.

Kui oleks võimalik ehitada igavene jõumasin, siis tähendaks see, et energiat võib luua. Kuid viimane on vastuolus energia jäävuse seadusega. Järelikult, igavese jõumasina ehitamise võimatus kinnitab veelkordselt seda seadust.

Ei saa ehitada jõumasinat, mis teeks rohkem tööd, kui on kulutatud energiat. Seepärast ei saa ühegi jõumasinaga võita töös.

Niisiis, meie poolt varem vaadeldud «mehhaanika kuldne seadus» tuleneb vahetult energia muundumise ning jäävuse seadusest.

MOLEKULAARFÜÜSIKA JA SOOJUS.

II peatükk.

Aine molekulaarne ehitus.

17. **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. Kullatükikesed võivad 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. Suhkru-tüki võib saagida või lõhkuda üksikuteks tükikesteks; iga tükike lõhutakse tangidega veel väiksemateks osakesteks. Uhmris või jahvatamise teel võib suhkrutükikesi muuta suhkrupulbriks — tolm-suhkruks, kusjuures iga üksik tolmukübemeke 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 viilmekübemeke on väike rauatükike. Täpselt samuti võib jaotada väga väikesteks tilgakesteks vedelikku.

Väikseid osakesi, millest koosnevad kõik kehad, nimetatakse molekulideks¹.

¹ Molekul (ladinakeelne sõna) — aine väikseim osake.

Molekul kujutab endast antud aine väikseimat osakest. Kuigi molekuli mõõted 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.

18. 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 keha osa 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.

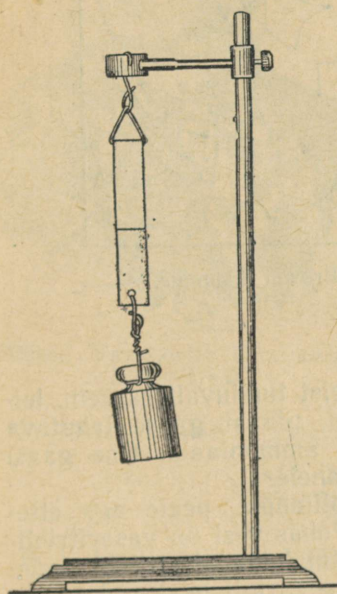
Et tõmmata katki traaditükki, kilustada klaasi, murda teraspuuri, selleks on vaja eraldada üksteisest molekule, on vaja ületada nende külgetõmme.

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 juhte, 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. 30).

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 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 tunduva-

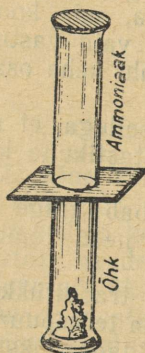


Joon. 30. Külgetõmme seatinast silindrite vahel hoiab rasket vihti.

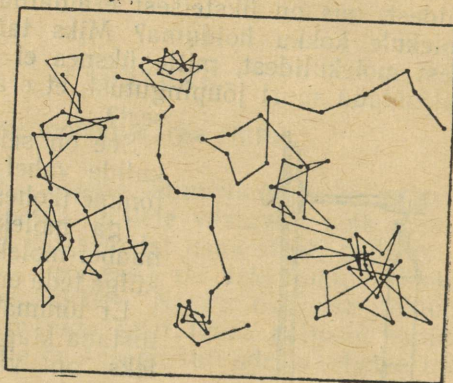
malt, mida tugevamini me osakesi üksteisele lähendame. Keha venitamisel saavad ülekaalu külgetõmbejõud, mis teotsevad osakeste vahel.

19. 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. 31). Ja



Joon. 31. Ammoniaagi ja õhu difusioon.



Joon. 32. 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. Puhast 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 tungimist teise keha molekulide vahele nimetatakse difusiooniks.

Difusiooni näeme mitte üksnes vedelikkudes ja gaasides, vaid ka tahketes kehaosades.

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 ümberpöörduvad. Järelikult olid kulla ja seatina osakesed liikumises.

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

Opetust 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.

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



Mihhail Vassiljevitš Lomonossov
(1711—1765).

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, suurepärane 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.

Harjutus 9.

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

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

Asetage anum vedelikuga tasasele kohale, kattes teda millegagi tolmu eest. Kirjutage üles katse alguse kuupäev ja mõõtke iga kahe ööpäeva järel ühel ja samal kellaajal, mitme sentimeetri võrra tõusis sinine värv ülespoole.

Katse lõpul kirjutage lühike aruanne.

21. Browni liikumine. XIX sajandi algul pani inglise botaanik Brown (loe: braun) 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 ala-

lises liikumises. Sel liikumisel on väga korrapäratu iseloom. Ja mida väiksemad on osakesed, seda kiiremini nad liiguvad (joon. 32).

Seda nähtust seletatakse sellega, et mikroskoobis nähtamatud vee molekulid liiguvad lakkamatult mitmesugustes suundades ja põrkavad 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.

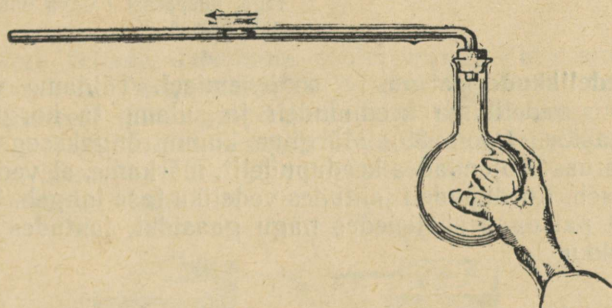
III peatükk.

Kehade soojuspaisumine.

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

Aistmise teel eraldame soojad kehad külmadest; muude võtete abil (§ 23, 24 ja 25) 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 soojusnähtusi ning uurida rida

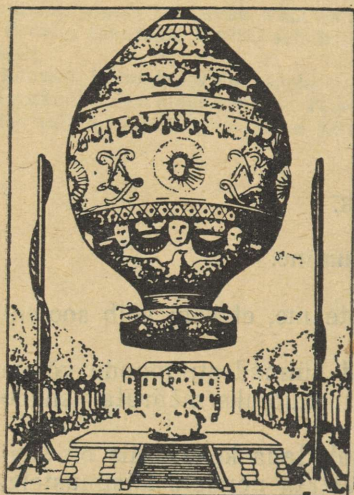


Joon. 33. Õhu paisumine keedupudelis.

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

23. Õhu paisumine soojenemisel. Võtame korgiga suletud keedupudeli, mille korki läbib täisnurkselt painutatud klaastoru. Torusse on aetud värvitud veetilg.

Soojendame keedupudelit käega (joon. 33). 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. 34. Vendade Montgolfier'de õhupalli tõusmine.

Harjutus 10.

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

24. Vedelikkude paisumine soojenemisel. Täidame veega või mõne muu vedelikuga keedupudeli ja suleme ta korgiga, mida läbib klaastoru (joon. 35). 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 11.

1. Võtke kitsa kaelaga suur rohpudel ja valage sellesse kuni kaela keskohani 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.

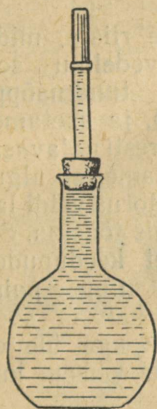
2. Kas võib kauplusest talvel petrooleumi ostes nõu täis valada, kui seda tuleb kodus hoida soojas ruumis?

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

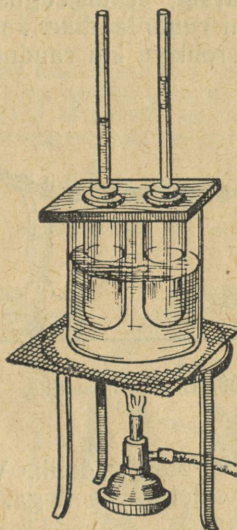
Pange tähele, kas vedelikud paisuvad ühesugusel soojendamisel ühteviisi.

4. Võrrelge vedeliku ja gaasi paisumist. Sulgege kaks ühesugust katseklaasi korkidega, mida läbib klaastoru (joon. 36). Üks katseklaas täitke piirituse või

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

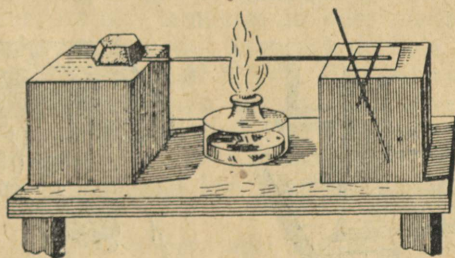


Joon. 35. Vedeliku paisumine.



Joon. 36. Vedeliku ja gaasi paisumise võrdlus.

25. Tahkete kehade paisumine soojenemisel. Kinnitame raudvarva ühe otsa nii, nagu näidatud joonisel 37. Varva teise otsa paneme õlekõrrest läbitorgatud 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.

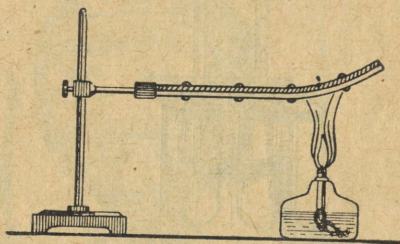


Joon. 37. Varva paisumine soojenemisel.

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 38. 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. 38. Bimetallplaadike.

Järelikult, erinevaist aineist tahked kehad ei paisu ühte viisi.

Võtame riista, mida kasutatakse vedeliku soojuspaisumise tundmaõppimiseks (joon. 35), 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.

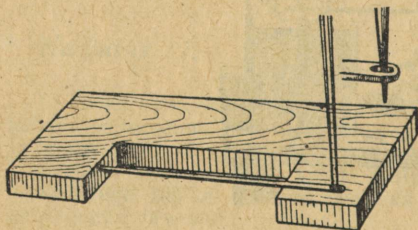
Vaadelnud soojenemise mõju tahketele, vedelatele ja gaasilistele kehadele, tuleme järeldusele:

kõik kehad soojenemisel paisuvad, jahtumisel aga tõmbuvad kokku.

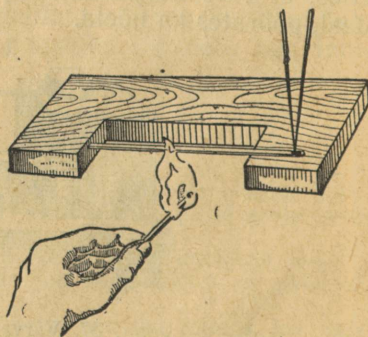
Neid nähtusi on kerge seletada, kui oletada, et molekulid on igas kehas üksteisest eraldatud vahedega.

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

Ühesugusel soojenemisel ühed kehad paisuvad rohkem, teised vähem.



Joon. 39.



Joon. 40.

Harjutus 12.

1. Valmistage tahkete kehade soojuspaisumise jälgimiseks järgmine riist: Võtke väike lauake, suurusega 10 cm × 5 cm × 2 cm, ja tehke ta ühte äärde

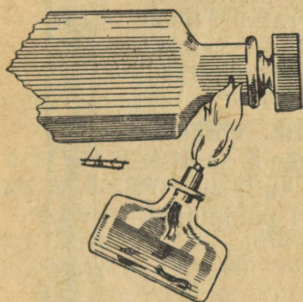
väljalõige (joon. 39). Lauakese ühte väljaulatuvasse ossa torgake suur sukanõel nii, et selle teine ots asetseks teisel väljaulatuval osal, silmaga ülespoole. Asetage vertikaalselt läbi sukanõela silma peenike nõel ja torgake sellega kõrvuti väljaspool silma vertikaalselt teine nõel. Soojendage suurt nõela ühe-kahe (kokkupandud) tikuga ja jälgige silma läbiva vertikaalse nõela liikumist (joon. 40).

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

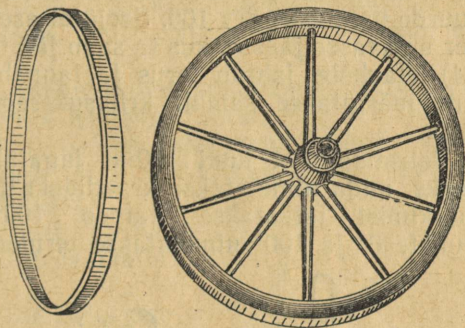
2. Et võtta pudelilt tugevasti kinnijäänud klaaskorki, on vaja pudeli kaela väljastpoolt tulel soojendada (joon. 41). Mispärast võib see soojendamine korgi äravõtmist hõlbustada?

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

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



Joon. 41.



Joon. 42. Ratas ja raudrehv.

26. 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. Panes pärast seda mõlemad käed korruga 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.

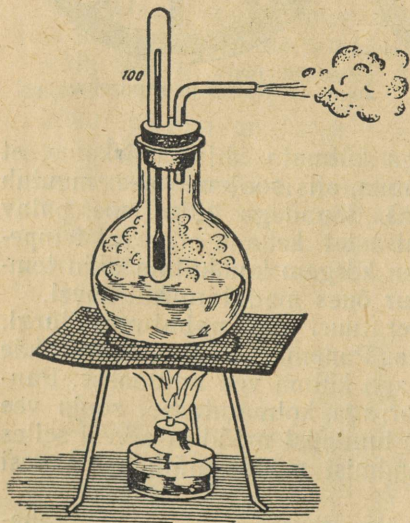
Keha tõelise temperatuuri määramiseks kasutatakse eri riistu — termomeetreid.

27. 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

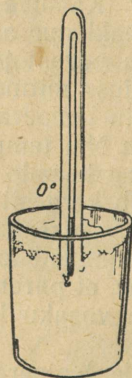
ots ühendatakse kera- või silindrikujulise reservuaariga. Reservuaar ja osa torust täidetakse elavhõbedaga. Siis soojendatakse reservuaari niipalju üle keeva vee temperatuuri, et elavhõbe hakkab paisudes toru ülemisest lahtisest otsast üle voolama; seejärel joodetakse toru ots kinni. Kui toru ja selles olev elavhõbe jahtuvad, siis tõmbub elavhõbe rohkem kokku kui toru ja langeb toru alumisse ossa. Elavhõbedada peal tekib torus õhutihi ruum.

Sel viisil valmistatud riist asetatakse keeva vee aurusse (joon. 43). Seejuures omandab termomeeter auru temperatuuri. Elavhõbe tõuseb torus teatud kõrgusele, mis märgitakse kriipsukesega torule või lauake-sele, mille külge riist kinnitatakse. Selle kriipsukesee juurde pannakse arv 100. Seejärel asetatakse termomeeter sulavasse jäässe, kus ta saab jää temperatuuri (joon. 44), elavhõbe jahtub torus ja langeb teatud tasemeni, mis märgitakse samuti kriipsukesega ja tähistatakse 0-ga.

Vahemaa 0-st kuni 100-ni jagatakse 100 võrdseks osaks, mida nimetatakse kraadideks¹, ja nende jaotiste märkimist jätkatakse ülalpool 100° ja allpool 0°. Punkte 0° ja 100° nimetatakse termomeetri põhipunkti-



Joon. 43. Vee keemispunkti (100°) kindlaksmääramine.



Joon. 44. Jää sulamispunkti (0°) kindlaksmääramine.



Joon. 45. Laboratooriumi termomeeter.

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

¹ Ladinakeelne sõna *gradus* tähendab s a m m.

Temperatuure alla 0° kirjutatakse ja loetakse lisades märgi (—) või sõna «miinus». Näiteks -15° loetakse: «miinus 15° » ehk « 15° alla nulli». Kirjeldatud viisil valmistatud skaalat nimetatakse sajakraadiliseks skaalaks, sellise skaalaga termomeetreid aga Celsiuse termomeetreiks (joon. 45), 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 mitmesuguseks otstarbeks, omavad erinevalt ehitatud skaalasisid.

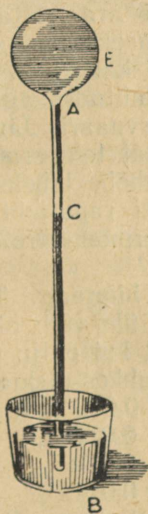
Väga madalate temperatuuride mõõtmiseks ei saa kasutada elavhõbedat, sest elavhõbe külmub -39° temperatuuril. Elavhõbe asendatakse mingi muu vedelikuga, millel on madalam külmumistemperatuur, näiteks piiritusega, mille külmumistemperatuur on -114° .

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

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

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

Välisõhu temperatuuri mõõtmiseks ase-



Joon. 46. XVI sajandi termomeeter.



Joon. 47. Merkuuri-termomeeter.

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

Harjutus 13.

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 aurusse?

2. 1825. aasta ülikooli füüsikaõpikus, mis on kirjutatud professor Ivan Aleksejevits Dvigubski poolt, on antud XVI sajandi termomeetri kirjeldus (joon. 46).

Väikese läbimõõduga klaastoru *A*, mille otsas on kuulike *E*, on asetatud lahust 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?

28. Meditsiiniline termomeeter. Meditsiinilisel termomeetril (joon. 47) on skaala 34° kuni 42° , 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 jaotada kraadi kümnendikkudeks, tehakse termomeetri reservuaar, võrreldes termomeetri kitsa kanaliga, väga suur. Suure elavhõbedahulga vähene soojenemine annab elavhõbedasamba pikkuses nähtava muudatuse.

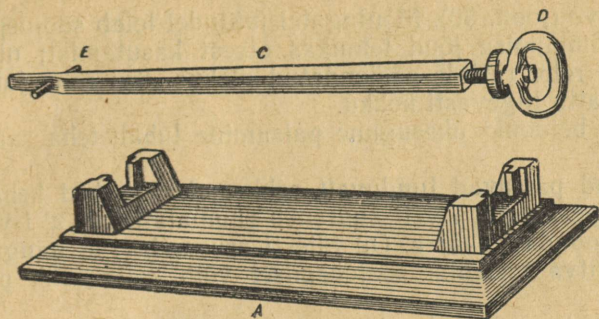
Et termomeeter saaks näidata keha temperatuuri, selleks paigutatakse ta kuni 10 minutiks kaenla alla. Seejuures tõuseb elavhõbe, kuid kui termomeeter kaenla alt ära võtta, siis ei lähe elavhõbe reservuaari tagasi. Selle põhjuseks on asjaolu, et toru alumisse otsa punkti *A* juurde on tehtud kanali kitsendus, millest elavhõbe paisudes läheb kergesti läbi, jahtudes aga katkeb selle kitsenduse juures ega lähe tagasi reservuaari. Järelikult näitab kehast 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).

29. 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° võrra antud aine iga meeter tahkes olekus:

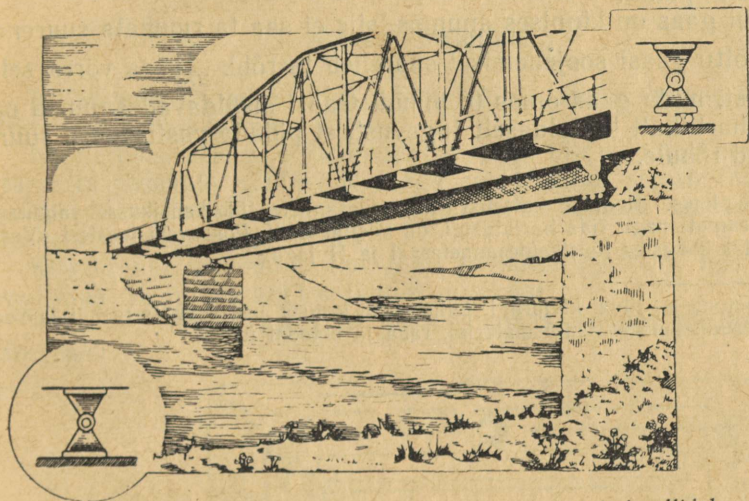
klaas	0,010 mm võrra,
raud	0,012 " "
valgevask	0,019 " "
alumiinium	0,024 " "

Kuid isegi sel vähesel muudatusel on tehnikas suur tähtsus.

Asetame tugevasse malmalusesse *A* (joon. 48) tugevasti kuumutatud terasvarva *C*. Kinnitame selle varva kõvasti aluse külge



Joon. 48. Kokkutõmbumine jahtumisel.

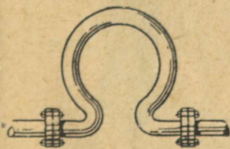


Joon. 49. Silla kandekaare parempoolne ots on asetatud rullidele.

ühelt poolt jämeda ümmarguse malmipulgaga *E*, teiselt poolt mutriga *D*. Jahtudes terasvarb *C* lüheneb ja murrab katki malmipulga *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. 49). Aurujuhtmesse pannakse kõverdunud torud — kompensatorid, mis võtavad enesele aurujuhtme torude pikendamise, painduvad ja hoiavad seega auru-



Joon. 50.
Kompensator.

juhtme terve (joon. 50). Mõningatel juhtudel leiab soojuspaisumise ja kokkutõmbumise jõud tehnikas otsesest kasutamist; nii näiteks asetatakse rehvi rattale soojendatud olekus. Kui rehvi jahtub, siis surub ta ratta tugevasti kokku.

Raua ja betooni¹ ühesugune paisumine lubab teha raudbetoonehitisi².

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 suurenda, mistõttu gaasi soojenemisel suureneb ta rõhk $\frac{1}{273}$ osa võrra sellest rõhust, mida gaas omas 0° puhul. Gaasi sisaldavad anumad omavad harilikult küllaldaselt tugevust, et pidada vastu gaasi suurendatud rõhule.

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

¹ Betoon — liiva, kiviprügi, tellisepuru, kruusa jne. segu tsemendi ja veega.

² Raudbetoon — ehitusmaterjal, raua ja betooni ühend.

IV peatükk.

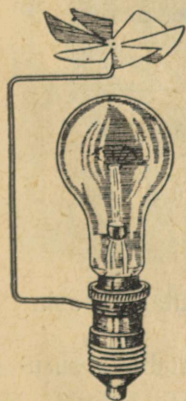
Soojuse levimine.

30. Soojuse levimine. Elus paneme alati tähele soojuse üleminekut ühelt kehalt teisele.

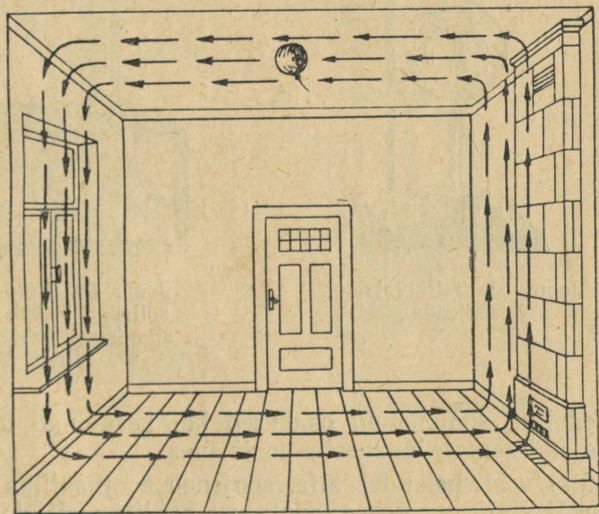
Nii näiteks selleks, et soojendada veega täidetud teekannu, asetame ta palavale pliidile. Kui aga see teekann seisab laual, siis jahtub ta aegamisi — kaotab soojust. Selle soojuse saavad endale teekannu ümbritsevad kehad.

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. 51. Tuuleratas
lambi kohal.



Joon. 52. Õhu konvektsioonvoolude
suund toas.

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

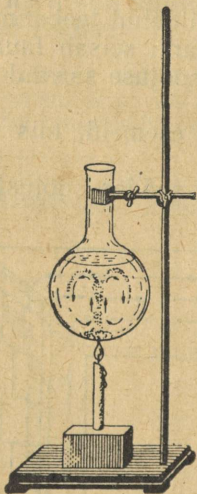
See soojuse üleminek kestab seni, kuni kehade temperatuurid võrdsustuvad.

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

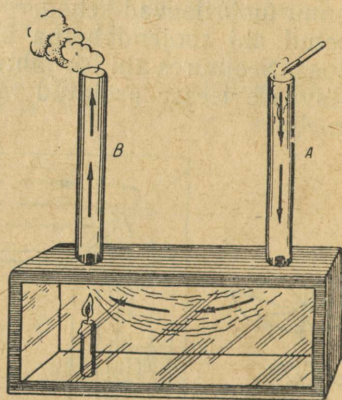
31. Konvektsioon. Asetades käe keskkütte radiaatori, pliidi või põleva elektrilambi kohale, märkame, et nende kohal tõusevad üles sooja õhu joad. Väike tuuleratas, mis on asetatud künna leegi või elektri-laualambi kohale, hakkab tõusva sooja õhu voolust liikuma (joon. 51). Käterätikud, mis kuivavad pliidi kohal, kõiguvad tõusva õhu tõttu. Toas toimub õhu tsirkulatsioon¹ (joon. 52).

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 panna me tähele, kui soojendame vedelikku alt (joon. 53).



Joon. 53. Tsirkulatsioon vee soojendamisel.



Joon. 54. 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.

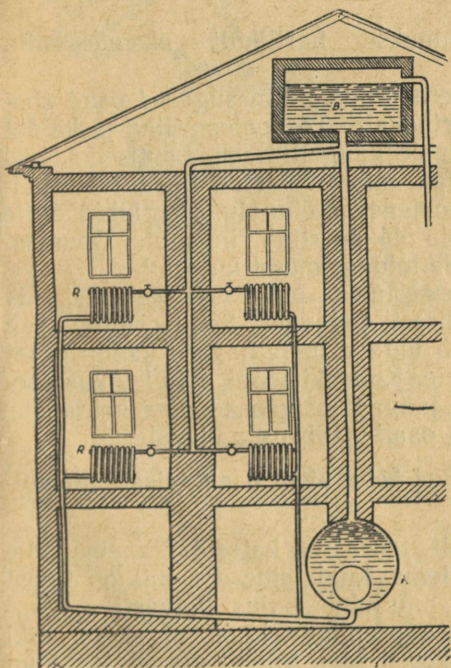
¹ Tsirkulatsioon (ladinakeelne sõna) — ringvool, ringkäik.

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

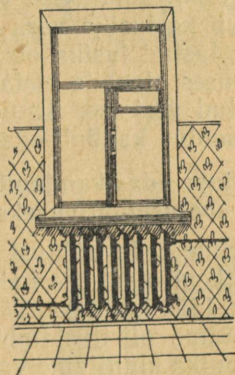
Soojuse edasikandumist vedela või gaasilise aine kihtide ümberasetumise teel nimetatakse konvektsiooniks.

32. 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 54 kujutatud katse selgitab tõmbe-otsessi tekkimist korstnas. Külma õhk laskub alla toru *A* kaudu ja tõrjub kasti oleva sooja õhu toru *B* läbi välja.

33. Vesikeskküte. Vesiküte on ehitatud järgmiselt. Hoone keldriruumi on paigutatud kinnine katel *K* (joon. 55), 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. 55. Vesikeskküte skeem.



Joon. 56. Radiatuur.

teise kaldtorusse, mis viib alt katlasse. Vertikaalsete torudega ühendatakse torud, mis viivad tubades asuvate radiaatoriteni *R* — erikujuliste malmkarpideni, mis on mitmekaua ühendatud (joon. 56). Kogu küttevõrk täidetakse veega. Kütmise tõttu katlas

soojenenud vesi surutakse külma vee poolt vertikaalatoru mööda pööningule, kust satub kaldtorusse ja voolab sealt laiali mööda torusid, mis viivad kõigi korruste radiaatoriteni. Vee ülejääk, mis tekib paisumisest soojenemise tõttu, juhitakse 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 soojust, 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 ribad koetavat pindala tublisti.

Keskütte radiaatorid pannakse harilikult akende alla (joon. 56).

34. 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.

35. 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.

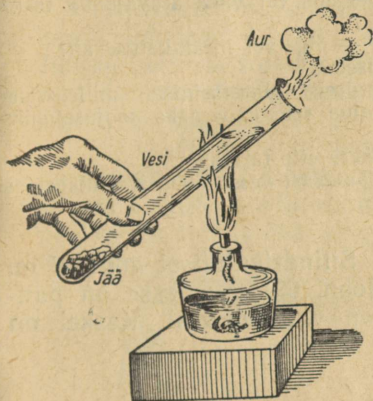
Urime seda nähtust lähemalt, tehes rea katseid. Paneme tulle puust kepi otsa, see hakkab põlema, kuid teine ots, mis on tulest väljas, jääb külmaks. Tähendab, puu juhib soojust halvasti.

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.

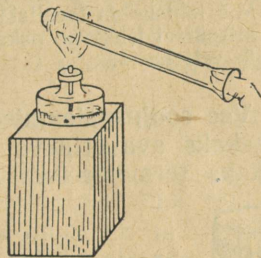
Võtame katseklaasi veega (joon. 57), asetame sellesse jäätükikese, mille peal on koormus, et jää vajuks põhja, ja hakkame soojendama katseklaasi ülemist osa. Vesi hakkab varsti keema, kuid jää katseklaasi põhjas sulab väga vähe. Tähendab, vesi juhib soojust halvasti, samuti nagu puu ja klaaski.

Joonisel 58 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. 59). 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. 57. Vesi on halb soojusejuht.

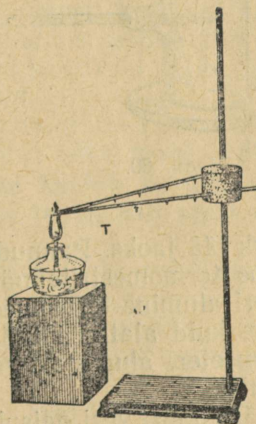


Joon. 58. Õhk on halb soojusejuht.

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

Niisiis, katsed näitavad meile, et erisuguste kehade soojusejuhtivus on erisugune. Ühed kehad juhivad soojust hästi, teised halvasti. Head soojusejuhivad 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 soojusejuhivad sellepärast, et nende kiudude vahel on liikumatu õhk. Liikumatu õhk, mis on kahe akna vahel, hoiab tuba kiire jahtumise eest.

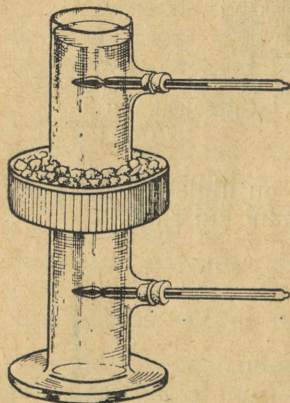


Joon. 59. Vase ja raua soojusejuhtivus.

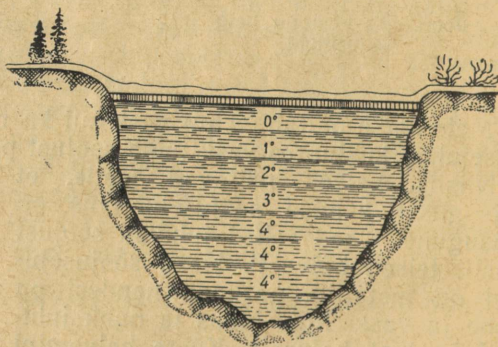
Harjutus 14.

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 tunduivad pakase käes metallesemed külmemana kui puuesemed?
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?

36. Vee soojuspaisumise iseärasus. Silindrikujulisel anumal on küljes kaks ava erineval kõrgusel (joon. 60). Avadesse on pandud kaks termomeetrit. Anumasse on valatud vesi. Keskel on



Joon. 60.



Joon. 61. 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 üial 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. Seetõttu ei külmu küllaltki sügavates veekogudes vesi põhjani (joon. 61).

37. Kiirgamine. Asetame korgi abil väikesesse tahmaga kaetud keedupudelisse *C* (joon. 62) täisnurga all kõverdatud toru *AB*. Juhime sellesse torusse väikese värvitud vedeliku sambakese. Tehes toru juurde skaala, saame riista — termoskoobi, 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 keedupudelil õhk ning paisus.

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 kauge-
mal on Maa ja päikese vahel õhutühi ruum.

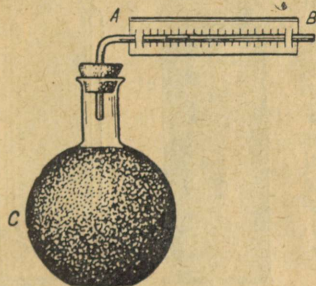
Tähendab, Päikese soojus ei saa kanduda edasi konvektsiooni ega soojusejuhtivuse teel, järelikult ta kandub edasi muul viisil.

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. Tähen-
dab, meie katses termoskoobiga kiirgas soojendatud viht soojust.

Anum kuuma 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.



Joon. 62. Termoskoop.

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

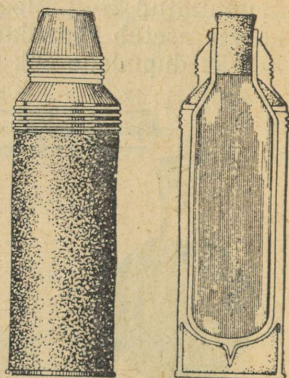
Suvel on heledamais riides märksa jahedam kui tumedais.

38. 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 võimalikult vähem soojust.

Kõigil neil juhtudel valmistatakse erilised seadised — termosed, 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 63 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 hariliku korgiga ja kruvitakse pealt kinni metallkuplikesega, mida võib kasutada jooginõuna.



Joon. 63. Termos.

Harjutus 15.

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 määrdunud 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. Veevarustuse 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. Ohk juhhib soojust halvasti. Mispärast aga jahtuvad õhus palavad esemed?
13. Mispärast kaetakse stratostaadi kest hõbedase värviga?

V peatükk.

SOOJUSE MÕÖTMINE.

39. 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 puudutadagi, ei kütta ometi külma tuba soojaks, soe ahi või vesikütte radiaatorid aga soojendavad tuba hästi.

Soojendame kahe ühesuguse piirituslambi abil kahte anumat. Ühes anumal on 1 kg vett, teises 2 kg. Märkame, et teises anumal 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 on 15°, seda on vaja soojendada kuni 50°. Järelikult tõuseb vee temperatuur 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 16.

1. Kui lumehange valada ankrutäis sooja vett, siis sulab märksa rohkem lund, kui valades sinna klaasitäie 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 m³ 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°?

40. 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 järeleb, 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 rauaalaaste või rauapuru, kolmandasse aga 100 g alumiiniumitükikesi. Soojendame kõiki kolme katseklaasi keevas vees kuni 100°. Kuni katseklaasid soojenevad, võtame kolm teeklaasi ja valame igäihesse 100 cm³ toatemperatuurilist (15°) vett. Kui katseklaasid ja nende sisu on soojenenud, puistame ühte teeklaasi kuumutatud haavleid, teise rauapuru, kolmandasse alumiiniumitükikesi. Segades vett, märkame, et vesi soojenes klaasides ebahühtlaselt.

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 katses 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 väiksemamootelise 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.

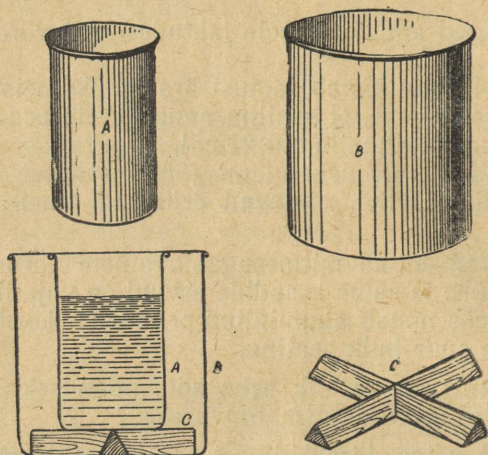
Erisoojust mõõdetakse kalorites grammi ja kraadi kohta $\left(\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{kraadi}}\right)$.

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

Erisoojuste tabel	cal		
	g · kraadides	või g · kraadides	
Seatina	0,03	Alumiinium	0,21
Vask	0,09	Klaas	0,15
Tsink	0,09	Puu	0,57
Valgevask	0,09	Piiritus	0,58
Raud	} 0,11	Õli	0,40
Malm		Vesi	1,00
Teras		Petrooleum	0,50

41. 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. 64). 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. 64. Kalorimeetri ehitus.

Tahkete kehade erisoojus määratakse järgmisel viisil. Valatakse kalorimeetrisse teatud hulk vett, mõõdetakse selle temperatuur ja lastakse sellesse vette uuritav keha, mis on soojendatud teatava temperatuurini (üle kalorimeetris oleva vee temperatuurini). 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° , lasti 400 grammi vette, mille temperatuur oli 12° . Selle tagajärjel tõusis vee temperatuur kalorimeetris kuni 20° . Leida antud metalli erisoojus.

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

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

Harjutus 17.

Metallitükk, mille temperatuur oli 100° ja mass 1000 g, lasti 200 cm³ vette, mille temperatuur oli 10° . Vee temperatuur tõusis kuni 21° . Milline on antud metalli erisoojus?

42. Laboratoorne töö nr. 2. Töö eesmärk — määrata aine erisoojus. Kasutades eelmises paragrahvis toodud katse 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.

43. 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_1 keha algtemperatuuri ja tähega t_2 keha lõpptemperatuuri, siis võib keha soojendamiseks kuluva soojushulga arvutamise eeskirja märkida üles järgmise valemi kujul:

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

Harjutus 18.

1. Kaks ühesugust vaskkuulikest, mis olid soojendatud ühe ja sama temperatuurini, pandi: 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°-ni?

3. Kui palju vajatakse soojust, et soojendada 1 m³ 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°-ni? Toa ruumala on 60 m³, 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.

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

Harjutus 19.

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?

45. **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.

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

Teades ärapõlenud piirituse hulka ja kaloreite 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.

46. **Soojendaja kasutegur.** Kui võrrelda laboratoorse töö tulemust tabeli andmetega, siis näeme, et saadud kaloreite arv, mille annab 1 kg piiritust põledes piirituslambis, osutub tabeli arvust 7200 tunduvalt väiksemaks. Mitte kõik soojus, mis eraldub piirituse põlemisel, ei läinud vee soojendamiseks: osa soojust kulus 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 20.

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

VI peatükk.

AINE OLEKU MUUTUMINE.

47. Aine üleminek ühest olekust teise. Paljud ained, mida meie harilikult näeme tahketena, vedelatena või gaasitaolistena, lähevad temperatuuri muutuse tagajärjel ühest olekust teise. Vesi muutub jahtudes alla 0° kõvaks jääks. Jää, mis on külma käest tuppä toodud, sulab, muutudes veeks. Kristallilise joodi soojendamisel tekivad violetsed aurud, mis, sadestudes neid sulgeva katseklaasi seintele, muutuvad tahketeks joodikristallideks. Soojendades vett võime vee muuta auruks, aga jahutades auru saame taas vee.

48. 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 tuppä. 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.

Ühest külma käest tuppä toodud jää või lume temperatuur on alla 0° . Toas soojeneb jää aegamisi, temperatuur tõuseb kuni 0° -ni. Siis hakkab jää sulama, kuid termomeetri elavhõbedasammas ei tõuse üle 0° , kuni pole sulanud kogu jää. 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, milles 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
Inglitina	232	Plaatina	1767
Raud, tehniline	1170—1440	Volfram	3370
Raud, puhas	1525	Süsinik	3500
Portselan	1550		

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

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

Tööjuhend.

Katseklaas ühes naftaliinipulbriga, milles on termomeeter, tuleb asetada vette, mida soojendada piirituslambi väikesel leelgil (joon. 65).

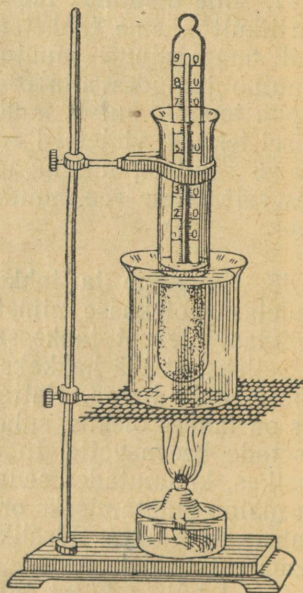
Kui naftaliin on soojenenud kuni 50°, vaadake iga minuti järel naftaliini temperatuuri ja märkige see vihikusse. Soojendage naftaliini kuni 90°. Seejärel võtke ta palavast veest välja ja laske tal õhu käes jahutada, jätkates iga minuti järel naftaliini temperatuuri märkimist, seni kui ta jahtub kuni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

Kandke vaatluse andmed ruudulisele paberile naftaliini temperatuuri muutuse graafikuna, olenevalt soojendamise ajast (seesuguse graafiku näidis on joonisel 66).

Saadud joonis näitab, mis on toimunud naftaliiniga tema soojendamisel.

Naftaliini soojendamisel toimub järgmist:

- 1) naftaliin soojeneb sulamispunkti — 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.



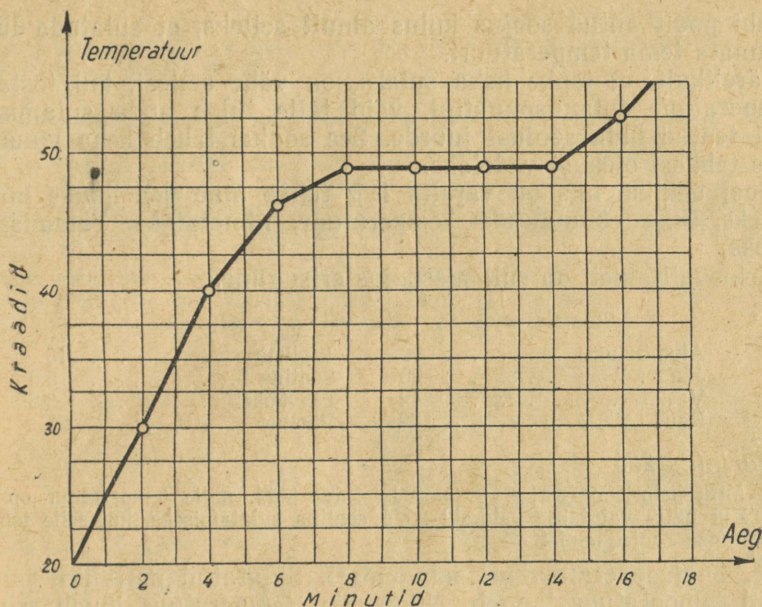
Joon. 65. Naftaliini sulatamine.

Harjutus 21.

1. Joonisel 67 on antud tahke keha temperatuuri muutuse graafik.

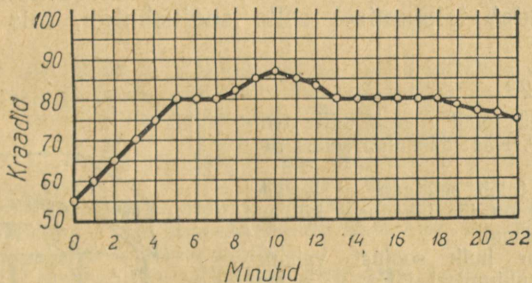
Määra selle graafiku järgi: a) missuguse temperatuuri puhul see keha sulab; b) kui kaua kestis soojenemine alates 60°-st kuni sulamispunkti; c) kui kaua kestis sulamine; d) missuguse temperatuurini soojendati ainet vedelaks olekus.

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



Joon. 66. Naftaliini sulatamise graafik.

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



Joon. 67. Keha soojenemise graafik.

50. Sulamissoojus. Kui soojendada pleknõu, milles on lund, siis sulab lumi, kuid ta temperatuur jääb 0° nii kaua, kuni leidub veel sulamata lund, ja ainult pärast seda, kui on sulanud viimne lumekübeke, 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
Vask	42		Elavhõbe	2,8
Raud	49		Piiritus	26

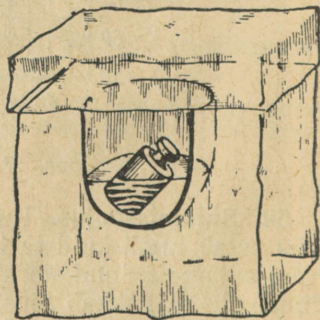
Harjutus 22.

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°?

51. 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. Mis pärast 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 soojushulga, mis kulub tema sulamiseks.

Harjutus 23.

1. Sulav jää toodi ruumi, mille temperatuur on 0°. Kas jää sulab selles ruumis?
2. Millega tuleb seletada, et kevadel jäämineku ajal on jõe läheduses külmem kui jõest kaugemal?
3. Kui suur hulk soojust vabaneb 125 kg vee muutumisel jääks 0° puhul?
4. 5 liitrisse vette, mille temperatuur oli 40°, asetati 3 kg jääd. Kui palju jääd sulab ära?
5. Asetage pliidile kaks pleknõu. Ühte valage kraanist 200 g vett, teise pange 200 g lund. Vaadake kella järgi, kui palju on vaja aega selleks, et vesi hakkaks keema mõlemas nõus. Kirjutage oma katsest lühike aruanne ja seletage ära katse tulemused.



Joon. 68.

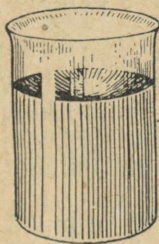
6. Valgevastest 1 kg-ne kaaluviht, mis on soojendatud 100° -ni, on pandud 0° -sesse jäässe tehtud süvendisse (joon. 68). Mitu grammi jääd sulab ära, kui vihi temperatuur langeb 0° -ni?

52. Ruumala muutumine sulamisel ja tahkumisel. Visanud sulatatud parafiinisse tükikesse 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. 69). Pärast seda, kui parafiin on anumasse hangunud, märkame, et ülal on tekkinud nõgu (joon. 70). Hangunud parafiin võtab järelikult enda alla väiksema ruumala kui sula parafiin.

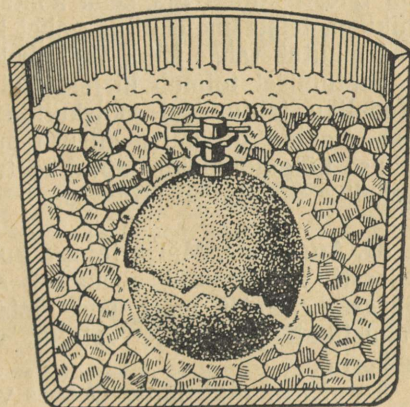
Katsed näitavad, et enamik aineid tahkumisel väheneb ruumalalt. Erandiks sellest reeglist on ainult vähesed ained, näiteks jää ja malm.



Joon. 69.



Joon. 70.



Joon. 71. Veega täidetud malmipommi 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 malmipommides, lõhkesid need pommid (joon. 71). 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 abinõud, 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 mõõted, sest et malm tahkub 1130° temperatuuril, aga pärast, jahtudes normaaltemperatuurini, tõmbub tugevasti kokku. Seda nähtust nimetatakse kahanemiseks.

53. Sulamine ja tahkumine aine molekulaarehituse õpetuse alusel. Me nägime, et tahketes kehaosades on külgetõmme molekulide vahel väga suur. On vaja tunduvalt jõupingutust, et tahke keha

ühte osa teisest eraldada. 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 keskmise liikumise kiirus väheneb. Teatud liikumise kiiruse puhul hakkavad molekulid vastastikuse külgetõmbejõu mõjul teatud korras paigale jääma. Toimub vedelike tahkumise protsess.

54. Aurumine. Märja lapiga puhastatud klaastahvel kuivab väga kiiresti: vesi muutub auruks — aurub. Samuti kuivavad põrandad pärast 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 aurustub ja tema aarud segunesid toa õhuga. Samuti auruvad piiritus, petrooleum, eeter ja kõik muud vedelikud.

Auruvad mitte üksnes vedelikud, vaid ka tahked kehad. Mõnede kehade aurumine on väga kergesti tähelepanev, 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 tingimustes 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 vaikse 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 suurusel, mis on auruvat vedelikul;

3) aurumine suureneb õhu liikumisel auruva vedeliku pinna läheduses.

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

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

Harjutus 24.

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

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

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

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

Mõõtko ära katseklaasi ja taldriku diameeter, määrake kindlaks lõikepind ja kirjutage aruanne.

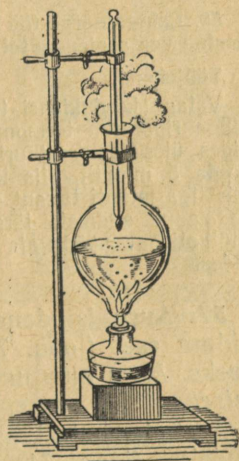
2. Võtke väikese hernetera suurune naftaliinitükk, pange ta alustassile ja tehke pulbriks.

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

55. 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 mulikesed 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. 72). Vee temperatuur kolvis ei tõuse rohkem, kuigi piirituslamp soojendab kolbi.

Temperatuuri, mille puhul vedelik keeb, nimetatakse keemispunktiks.

Erinevate vedelikkude keemispunktid on erinevad.



Joon. 72. Vee keemine.

Füüsikud tõestavad, et kõik ained, mis harilikes tingimustes on gaasid, muutuvad küllaldasel 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 vedelikeks, mis keevad väga kõrgel temperatuuril. Näiteks sulatatud raua keemispunkt on 2450° .

Mitmesuguste ainete keemistemperatuurid normaalse õhurõhu puhul
(Celsiuse kraadides).

Heelium	-268,9	Elayhõbe	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

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

Vaadeldes seda tabelit näeme, et suurim keemissoojus on veel.

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

Tööjuhend.

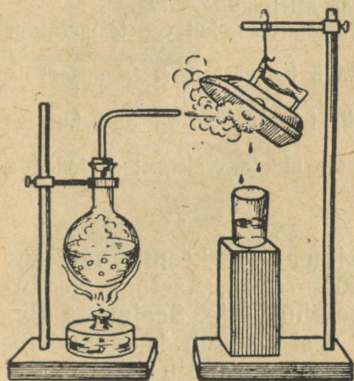
Valage keeduklaasi teatud hulk 40° – 50° -ni soojendatud vett. Laske statiivi külge riputatud termomeeter vette ja soojendage veega täidetud klaasi, märkides üles temperatuuri iga minuti järel. Kui vesi keema hakkab, laske tal keeda 5 minutit, siis lõpetage soojendamine. Jätkate temperatuuri ülesmärkimist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

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

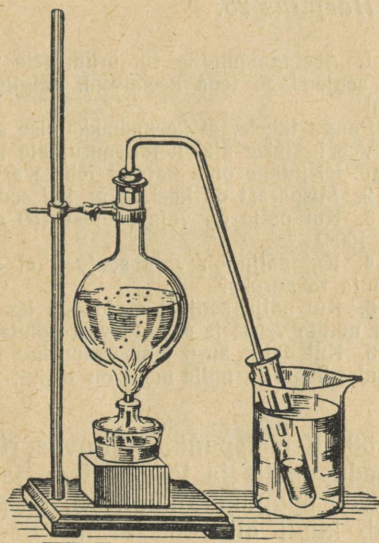
57. **Auru kondenseerumine.** Kui suunata veeauru juga vastu külma eset (joon. 73), siis sellega kokku puutudes muutub aur veeks. Auru muutumist vedelikuks nimetatakse *auru kondenseerumiseks*.

Asetades katseklaasi külma veeklaasi ja lastes sinna auru keedupudelil (joon. 74), näeme, et sattudes katseklaasi, aur kondenseerub, vesi klaasis aga soojeneb.

Auru kondenseerumisel vabanevat soojust võib kasutada mitmesuguste kehade soojendamiseks, näiteks auruküttes (joon. 75), kus vee asemel lastakse torusse auru.

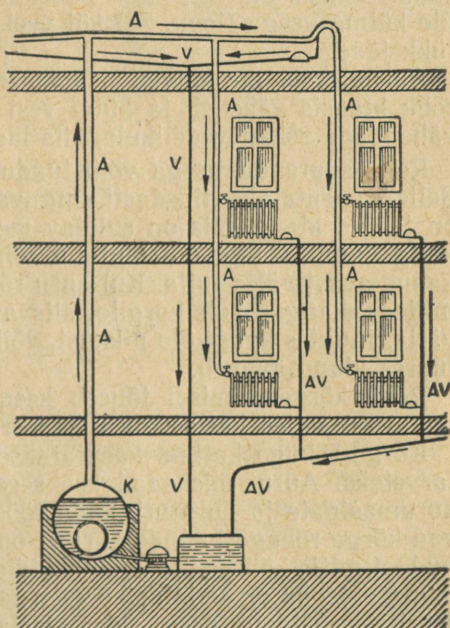


Joon. 73.



Joon. 74.

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



Joon. 75. Aurukütte skeem.
A — aur; V — vesi; AV —
aur ja vesi.

Harjutus 25.

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

Pange tähele, et keemahakkamise algul vesi ähmustub. Mispärast?

Vee keemise ajal hoida aurujoale kaldu puhas taldrik. Mida märkate? Selgitage. 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°?

58. 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.

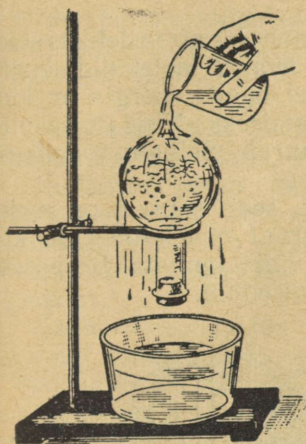
Niipea kui keemine klaasis lõpeb, võib seda uuesti esile kutsuda. Selleks on vaja kolb pöörata põhjaga ülespoole, valada ta üle külma veega (joon. 76) või veel parem — panna kolvi põhjale tükk jääd.

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.

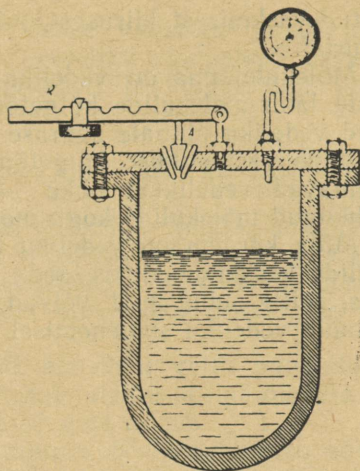
Rõhu suurendamisega võib tunduvalt tõsta keemistemperatuuri. Selleks kasutatakse tihedasti sulgivate kaantega katlaid. Kaanesele on tehtud klapp, mis on suletav metallkorgiga (joon. 77). Metallkang *R*, mille külge on riputatud viht, rõhub korgile ja ei lase seda kaane avast välja tulla. Kui auru rõhk 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. 76. Vee keetmine vähendatud rõhu all.



Joon. 77. Katel kõrgendatud rõhu all keetmiseks.

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

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

Rõhud selles tabelis on antud tehnilistes atmosfäärides.

Harjutus 26.

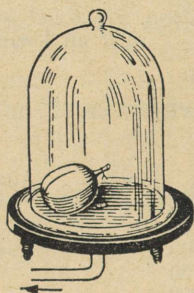
1. Väga kõrgetel mägedel ei saa keevas vees keeta mune. Mispärast?
2. Kuidas saab vett soojendada üle 200° ja kuidas teda sundida keema 45° juures?
3. Mitme kraadi võrra on tarvis 20 at rõhu all olevat auru kuumutada, et suurendada ta rõhku kuni 100 at?

59. Auru tekkimine ja kondenseerumine aine molekulaarehituse õpetuse alusel. Korrapäratus 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-

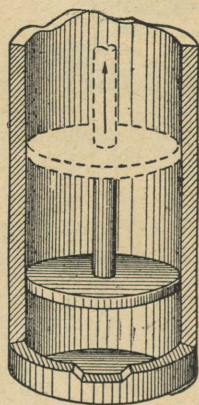
tatud keskmisest kiirusest, mille suurus sõltub vedeliku temperatuurist.

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 arvul molekulidel on kiirus, mille puhul nad võivad vedelikust välja lennata. Seepärast toimub vedeliku soojenemisel aurumine kiiremini.



Joon. 78.



Joon. 79.

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, miil 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.

60. Gaasi rõhk. Asetame õhupumba kupli alla õhukese kummikotikese õhuga (joon. 78).

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 kestas olevate õhu molekulide tegevus välismolekulide põrgete toimel.

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

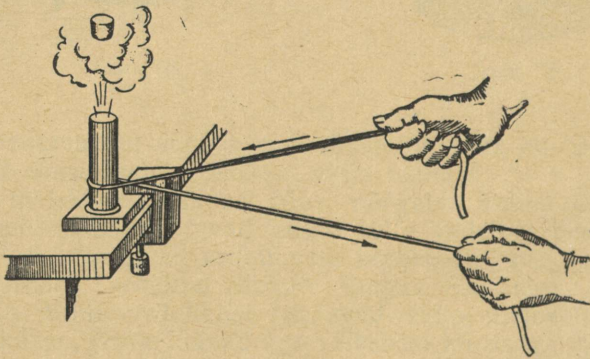
Kui gaas on anumasse suletud liikuva seinakese abil, mis esineb näiteks soojusmasinate silindrites (joon. 79), millesse on asetatud kolb, siis, kui gaasi rõhk kolvile on suurem välisrõhust, hakkab kolb liikuma.

VII peatükk.

SOOJUSMASINAD.

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

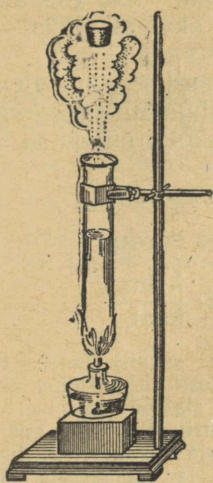
Ka meie igapäevane kogemus näitab, et hõõrumisel tehtud töö arvel tekib soojus; töö juures soojeneb saag, eriti siis, kui ta hambad on halvasti murtud, soojenevad halvasti määratud rattateljed, noa teritamisel käiaga soojeneb nuga, soojeneb viil mingi toote viilimisel. Igaüks meist võib tuua palju mitmesuguseid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



Joon. 80. Hõõrumistöö muundumine soojuseks.

Valame vett või eetrit õhukesesse valgevasest 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. 80).

Valame katseklaasi pisut vett ja suleme ta korgiga. Soojendamisel lükkab katseklaasis tekkinud aur korgi pealt ära (joon. 81).



Joon. 81. 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.

62. 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 korrapärase liikumise energia. Just niisuguseid vaateid soojuse olemuse kohta arendaski teaduses M. V. Lomonossov, seletades soojust molekulide tiirleva liikumisenähtusega. 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, korrapäraselt liikuvate molekulide kineetiliseks energiaks — soojuseks.

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

63. Soojuse mehhaaniline ekvivalent. Nägime juba, et töö juures võib mehhaaniline energia üle minna soojuseks. Meie katses valgevasest torukesest 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.

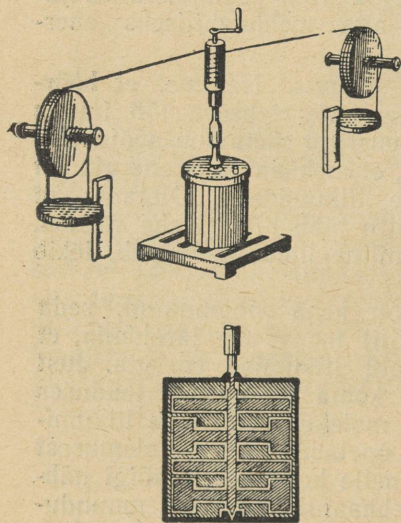
Mehhaanilise energia hulka, mis on ekvivalentne¹ ühe kilokalori soojusega, nimetatakse soojuse mehhaaniliseks ekvivalentiks.

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

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



Joon. 82. Joule'i katse soojuse mehhaanilise ekvivalendi määramiseks.

64. Joule'i (loe: džuuili) katse. Üks Joule'i katseid soojuse mehhaanilise ekvivalendi määramise alal on järgmine:

Erilist kalorimeetrit läbib telg, mis on varustatud külgmiste tiivakestega; tiivakstel on ribad ja labidakeste kuju (joon. 82). 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 nööri; nöörid on visatud üle kahe liikumatu ploki. Iga nööri otsa külge on seotud koormus. Koormuste laskumisel hakkab silinder pöörlema, pannes pöörlema telje ühes labidakestega. Teades kõrgust, millelt koormused langevad, ja nende koormuste suurust, võib kindlaks määrata töö, mis on kulutatud telje pöörlema panemiseks.

Teades kalorimeetrisse valatud vee massi 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.

Nende sooritatud töö võrdub:

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

Saadud soojus on võrdne:

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

¹ Ekvivalentne (ladina keelest) tähendab s a m a v ä ä r n e.

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 ekvivalendi jaoks arvu 427 $\frac{\text{kGm}}{\text{kcal}}$, mis nüüdsel ajal on teaduses võetud soojuste mehhaanilise ekvivalendi suurusena.



Joule (1818—1889).

Harjutus 27.

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

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

6. Mispärast sulavad vaguni laagrikausid, kui telgi küllaldaselt ei määrita?

65. Energia jäävuse ja muundumise 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 muundumise seadust.

Energia jäävuse ja muundumise 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 niisama palju lisatakse teisele juurde. Tähendab, kui ühes kohas aine mõnevõrra väheneb, siis täpselt niisama palju suureneb see teisel. See üldine loodusseadus haarab ka liikumist, sest keha, mis annab oma liikumise edasi teisele, kaotab niisama palju liikumist, kuipalju annab edasi teisele.»

66. Kiirgusenergia muundumine teisteks energia liikideks.

Päike on maapealsete energiatega allikaks. Peaaegu kõikide nüüdsel ajal kasutatavate energialiikide allikaks. Maa peal on kiirgusenergia, mis tuleb meile Päikeselt ja muundub Maa peal soojuse, keemilise ja muudeks energialiikideks. Tarvitseb vaid kujutleda, mis toimuks Maa peal, kui Päike ei valgustaks Maad iga päev. Me teame selliseid kohti Maa peal kaugel teisel pool polaarjoont põhjas, kus Päike ei näita end mitme kuu jooksul. Seal on igavene jää ja lumi.

Kõikjal Maa peal näeme päikesekiirte töö jälgi. Tänu Päikesele puhuvad tuuled, kogunevad pilved, täituvad veega ja voolavad jõed, töötavad vee- ja tuulemootorid. Muundatud päikeseenergiat kasutavad hüdroelektrijaamad.

Päikesekiirte mõjul aurub merede, järvede ja jõgede vesi, tõuseb üles, tiheneb seal pilvedeks, kantakse tuulest Maa kõigisse kohtadesse, langeb alla sademete kujul, toites seega Maad niiskusega ja andes alguse arvukaile jõgedele, mis kannavad oma vee meredesse ja järvedesse. Nii toimub vee alaline ringkäik päikese kiirgusenergia mõjul. Ent päikesekiirte osa ei piirdu sellega. Me teame, kuivõrd taimede ja loomade elu sõltub valgusest ja soojusest. Taimedes toimub Päikese poolt levitatud kiirgusenergia muundumine keemiliseks energiaks. Seda taimede keemilist energiat kasutame meie ära, tarvitades taimi toiduks või põletades neid kui kütust. Kivisüsi, olles meie peamisi energeetilisi ressursse, kujutab enesest jäänuseid metsadest, mis kunagi täitsid Maa peal suuri maa-alasid. Peaaegu meie silme all kujunevad soodes kõdunevaist taimedest turbahihid, mis annavad suurt küttagavara.

Taimedest toituvate loomade energia ja inimese energia -- kõige selle allikaks on päikesekiirte energia.

Kui suur on kogu see võimsus, mida toovad Maa peale päikesekiired? Selle võimsuse arvestus andis tohutu arvu: üle 200 miljoni hobujõu või ligi 150 biljonit kilovatti.

Katsetest on leitud, et iga ruutsentimeeter maakera pinda, mis on risti päikesekiirtega, saab minutis keskmiselt 1,5 kalorit.

Harjutus 28.

1. Kui palju võib saada mehhaanilist energiat, kui 5 kcal muundatakse tervenisti mehhaaniliseks tööks?
2. Mispärast õhk paisudes jahtub?

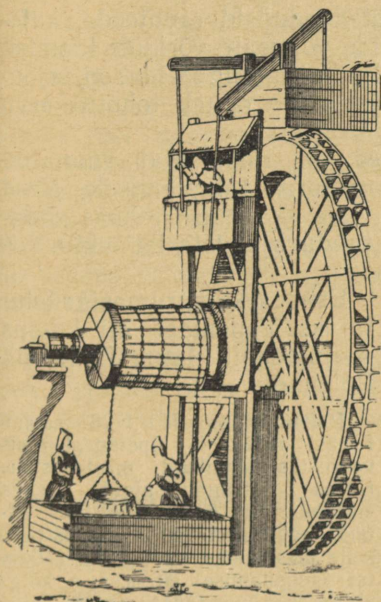
3. Arvutada soojuse kulu 1 hj saamiseks tunnis, eeldades, et kogu soojus läheb kasulikuks tööks.

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

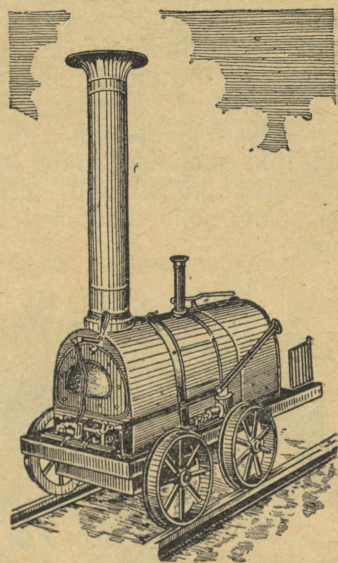
Lihtsate ning väga ebatäiuslike tööpinkide ja masinate käitamiseks kasutati paljude sajandite jooksul kas inimeste ja loomade tööd või tuule (näiteks veskites) ja voolava vee energiat (vesirattad, joon. 83).

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: Polzunov¹ — Venemaal ja Watt² Inglismaal.



Joon. 83. Vanaaegne joonis vesirattast, mida kasutati kaevandustes šahtidest maagi töstmiseks.



Joon. 84. Tšerepanovite vedur.

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 Tšerepanovite³ vedur (joon. 84).

¹ Polzunov, I. I. — sõduri poeg, meister Siberi kaevandustes.

² Watt — lukksapp, omandas iseõppimise teel suuri taadmisi.

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

Esimesed aurumasinad olid väga ebatäiuslikud. Püüe parandada aurumasinate konstruktsiooni, ja mis peamine, tõsta nende kasutegurit, virgutas teadlasi hoolikalt uurima soojusnähtusi. Selle uurimise tulemusena parandati aurumasinaid tunduvalt, peale selle leiutati uusi jõumasinaid.

Aurumasinad on soojusmasinad. Soojusmasinasis muundatakse kütuse põlemisel saadud soojusenergia mehhaaniliseks energiaks.

Soojusmasinate hulka kuuluvad auruturbiinid, mida kasutatakse laialt elektrijaamades ja laevadel. Autodes, traktorites, tankides, lennukites, dirižablites ja allveelaevades töötavad sisepõlemismootorid.

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.

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



I. I. Polzunov (1728—1766).

Esimeseks aurumasina leiutajaks Venemaal oli kuuluisoojustehnik Ivan Ivanoviš Polzunov.

Polzunov sündis 1728. aastal. Pärast mäekooli lõpetamist, mis valmistas tehnikuid mäetehastele, töötas Polzunov algul Uraalis «mehhaanika õpilasena», siis Altais «šihtmeistrina» — meistrina, kelle ülesandeks oli valvata «šihiti» (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.

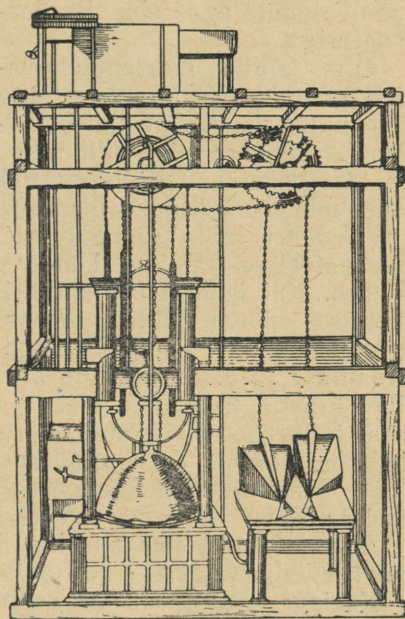
Ränk töö murdis Polzunovi jõu; 16. mail 1766. a. mõni päev enne oma masina käikulaskmist, suri ta.

Polzunovi aurumasin pani tehases liikuma võimsad õhupuhumise lõõtsad.

Joonisel 85 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 õhupuhumis-löötsadele.

Polzunovi aurumasin oli maailma esimeseks universaalseks jõumasinaks, s. o. masinaks, 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.



Joon. 85. Polzunovi aurumasin.

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

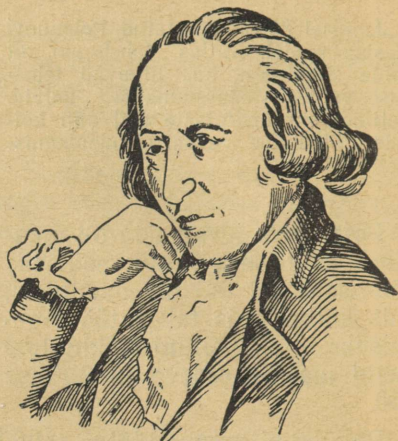
68. Aurumasina ehitus ja töötamine. 18 aastat pärast Polzunovi surma ehitas 1784. aastal inglise mehhaanik James Watt aurumasina, mis võeti tööstuses laialdaselt kasutusele.

Glasgow' (loe: glaazgou) ülikooli töökoja mehaanik James Watt õppis ametit algul oma isa tiseritöökojas ja töötas seejärel õpilasena Glasgow' mehhaanikatöökogas, 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 aurumasinais, 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 aurumasina ehituskeemi. Joonisel 86 on näha silinder, milles liigub kolb. See silinder on kraaniga varustatud torukeste süsteemi abil ühendatud ühelt poolt katlaga, teiselt

poolt jahutajaga ehk kondensaatoriga.

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

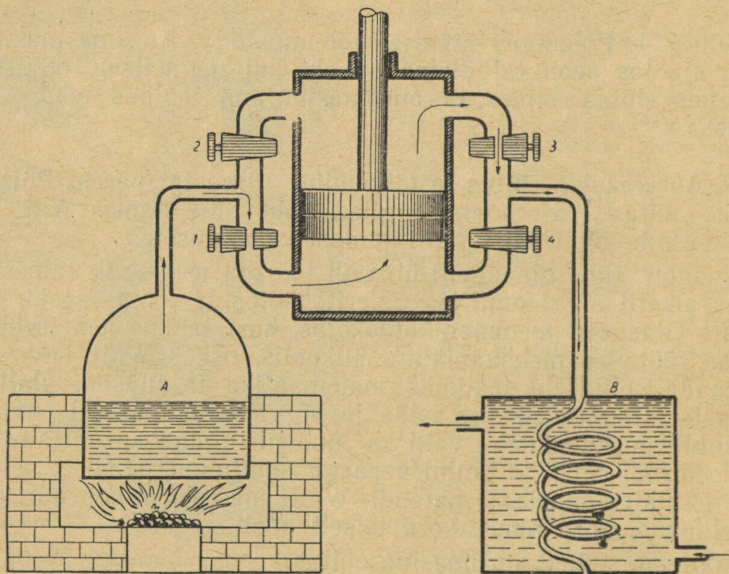


J. Watt (1736—1819).

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

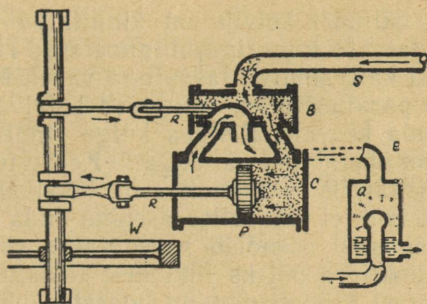
Käsiaurujaotaja asemel ehitas Watt automaatse aurujaotaja, mis kannab aurusiibri nimetust.

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



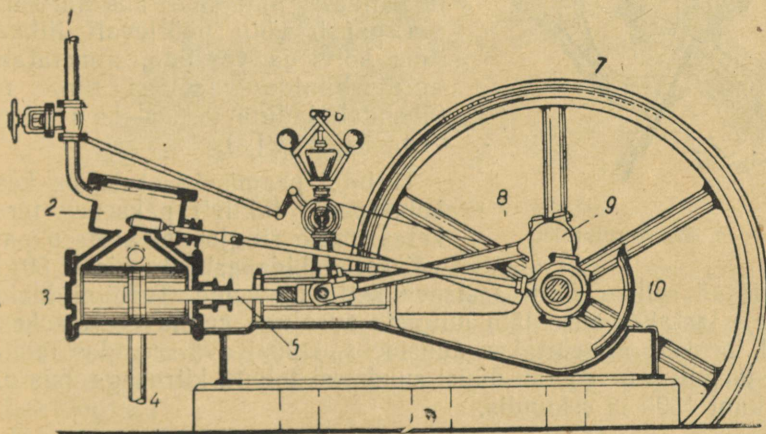
Joon. 86. Kahe poolega töötav aurumasin.

les on liikuv erikujuline keha *V* — aurusiiber (aurusiibri karbi sees — joon. 87). 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



Joon. 87. Aurujaotusseadis.

aurusiibriga, on ühenduses kondensaatoriga kanali *E* kaudu, mille tagajärjel tarvitatud aur läheb silindri vasakult poolest kondensaatorisse. Kolvi liikumine paneb liikuma ka aurusiibri. Kui kolb jõuab silindri vasakule poolele, asetub aurusiiber paremale, suleb aurule parempoolse kanali ja avab vasakpoolse. Aur rõhub nüüd kolvile vasakult, kolb läheb paremale, tarvitatud aur aga läheb parempoolse kanali ja temaga ühenduses oleva kondensaatori kanali *E* kaudu kondensaatorisse.

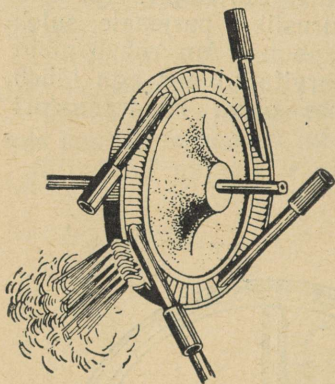


Joon. 88. Translaatorse (kulgeva) liikumise muutmine pöörlevaks liikumiseks. 1 — aurujuhe; 2 — aurusiibrikarp; 3 — silinder; 4 — auru ärajuhtiv toru; 5 — kolvivar; 6 — regulaator; 7 — hooratas; 8 — keps; 9 — vânt; 10 — ekstsentr, mis paneb liikuma aurusiibri.

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 nime-tame paralleelideks, suunavad kolvivart, andmata talle 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 surnudseisudeks. Et neis surnudpunktides poleks liikumise takistust, asetatakse võllile raske hooratas. Liikumapandud hooratas viib oma inertsiga kolvi välja surnudseisudest, mistõttu masin töötab pidevalt ja sujuvalt.

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



Joon. 89. Auruturbiin.

69. 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 kesk-koha poole tublisti paksenev teras-ketas, mille ringjoonel asetseb palju väikesi labidakesi. Joonisel 89 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.

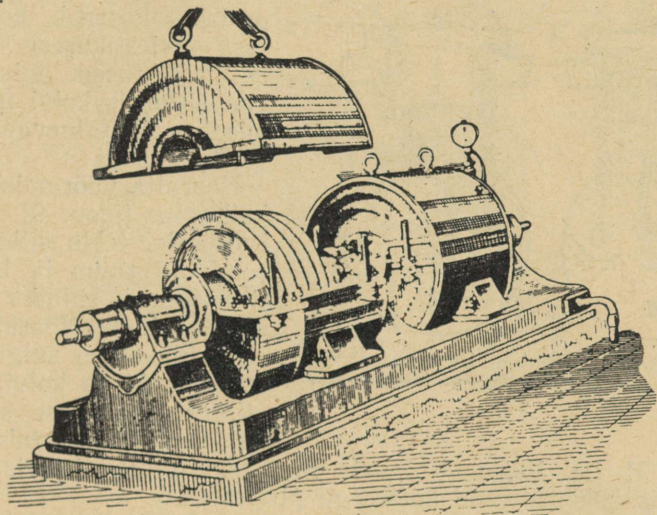
Seesugust kiirust pole tegelikus elus vaja, seepärast tuleb turbiini ühendada töömasinaga hammasrataste süsteemi abil, mis

võimaldab töomasinal töötada tunduvalt vähendatud kiirusega. Turbiin ise võtab väga vähe ruumi. Hammasratas-ülekanne võtab märksa rohkem ruumi kui turbiin ise. Kuid isegi koguka hammasratasülekannde puhul nõuab turbiin märksa vähem ruumi kui samauguse võimsusega aurumasin.

Nüüdisaegsed turbiinid omavad palju kettaid, mis asuvad ühisel võllil ja mis panevad võlli pöörlema kiirusega 1000—3000 pöört minutis (joon: 90).

Peale kirjeldatud turbiini kasutatakse praktikas ka teist liiki turbiine. Nõukogude tehased valmistavad käesoleval ajal elektri- ja auru turbiine, mille võimsus ületab 100 000 hj.

Auruturbiine kasutatakse soojuselektrijaamades, sõja- ja kauba- laevadel.

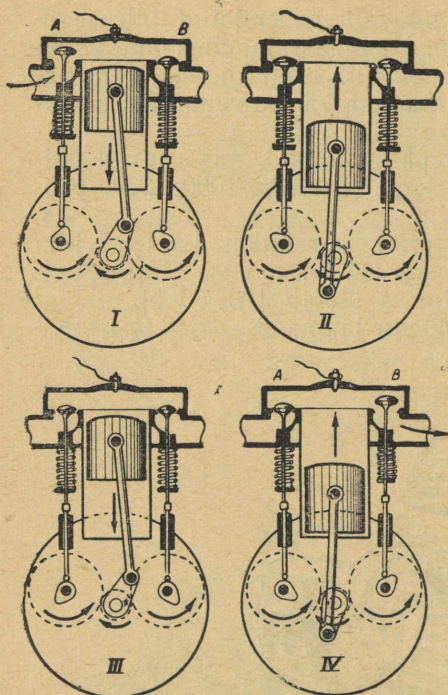


Joon. 90. Suure võimsusega auruturbiin

70. 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 kütuseenergia! 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.

71. Neljataktilise mootori skeem. Joonisel 91 on näidatud neljataktilise mootori lihtsustatud skeem. Mootor koosneb silindrist, milles liigub kolb, mis kepsu ja vända abil on ühendatud töö-



Joon. 91. Neljataktilise mootori töötamise skeem.

(joon. 91 II). Kui kolb jõuab üles, tekitatakse elektrisädemega silindris kokkusurutud küttesegu plahvatus.

Plahvatusel tekkinud gaasid suruvad kolvile ja lükkavad ta alla (joon. 91 III). Kolvi liikumine kandub edasi kepsule ja selle kaudu völliile ning hoorattale; viimane, saanud tugeva tõuke, hakkab liikuma ning jätkates liikumist tõstab kolvi üles (joon. 91 IV).

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

Seega siis on mootoril neli järgmist takti:

Sisseimemine. Liikudes alla tekitab kolb silindris hõren-duse; 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.

völliile. Völliile on kinnitatud raske hooratas. Silindri peal on kaks ventiili (klappi) A ja B, mis kolvi liikumisel avanevad ja sulguvad auto-maatselt. Ventiili A kaudu tuleb silindrisse küttesegu ja ventiili B kaudu väljuvad töötanud gaasid.

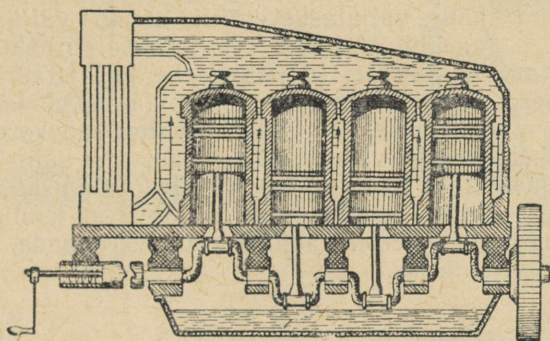
Kolvi iga käiku ühele poole nimetatakse taktiks. Neljataktiline mootor on see-sugune mootor, milles töö-protsess koosneb kolvi nel-jast järjestikusest liikumi-sest. Nähtused, mis toimu-vad silindris kolvi iga liiku-mise ajal, erinevad ükstei-sest.

Hooratta pööramisel liigub kolb alla (joon. 91 I). Selle tagajärjel tekib silindris hõ-rendatud ruum ja läbi ventiili A imeb silinder endasse põletusainet. Hooratta eda-sisel liikumisel sulgub sisse-laskeventiil ja kolvi liikudes silindri sisemusse surutakse kokku silindrisse tulnud segu

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 mehhaanik, või eriseadiste abil, milledes mootori esimesed taktid teostatakse elektrivoolu või suruõhu abil.

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

Hoorattal on eriti suur tähtsus antud mootori juures. Tema ülesandeks on mitte üksnes ületada surnudseise, nagu see leiab aset aurumasina juures, vaid ka panna kolbi ühe töotakti jaoks tegema kolme ettevalmistavat takti. Et jõumasin töötaks ühtlasemalt, pannakse mootoreisse mitte üks silinder, vaid mitu (joon. 92), kusjuures kõikide silindrite kolvid annavad oma liikumise edasi ühisele völliile ja igal antud momendil teeb üks neist

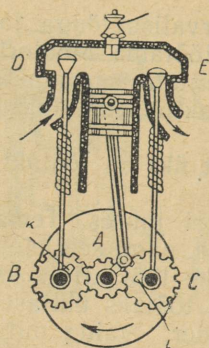


Joon. 92. Automootor.

kolbidest töotakti, iga teine kolb aga selleks töotaktiks erineva ettevalmistustakti. Kui näiteks esimeses silindris toimub sisseime-mine, siis teises on kokkusurumine, kolmandas töotakt ja neljandas 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.

72. Jaotusmehhanism. Sisse- ja väljalaskeventiilid avanevad va-jalikul momendil ja tarvilikuks kestuseks erilise mehhanismi abil, mida nimetatakse jaotusmehhanismiks. Selle mehhanismi olemus selgub skemaatilisest joonisest 93.

Mootori völliile on pandud hammasratas *A*, mis on hambumises 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. Hammasrataste *B* ja *C* völliide küljes on nükid *K* ja *L*, mis hammasrataste liikumisel lähenevad ventiilidega *D* ja *E* ühendatud varbadele ja tõstavad need üles.



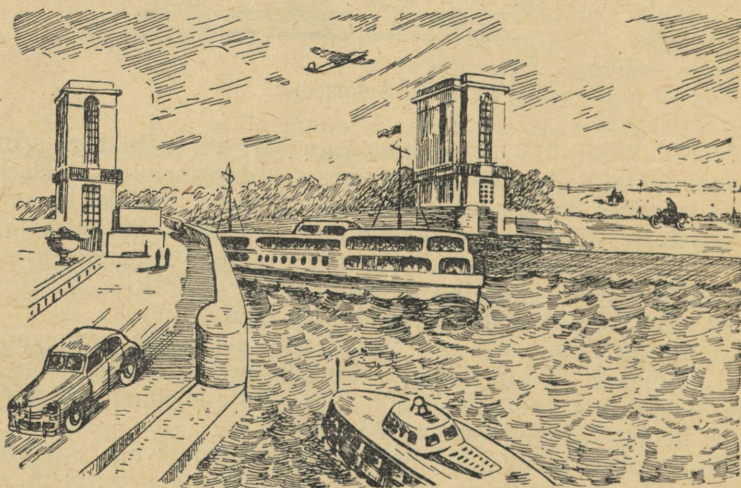
Joon. 93.
Ventiiljaotaja.

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

73. Aeglase põlemisega mootor ehk diisel. See mootor erineb teistest sisepõlemismootorite tüüpidest oma ökonoomsuse tõttu.

Selles mootoris imetakse sisse ning surutakse kokku mitte põletussegu, vaid puhas õhk. Kolmanda takti ajal, kui mootor on neljaktiline, pritsitakse silindrisse naftat, mis süttib iseenesest õhu kokkusurumisest tekkinud kõrge temperatuuri tõttu. Erinevalt kiirpõlemismootorist, toimub diisli põlemine mitte silmapilkelt, 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 kahékordsete seinetega, mille vahel tsirkuleerib eripumbaga surutav külm vesi.

Sisepõlemismootoreid kasutatakse autode, soomusautode, traktorite, tankide, raudteel mootorvedurite, laevade, lennukite, dirižablite, mitmesuguste ekskavaatorite, tõstekraanade, tuletõrjemasinade jne. käitamiseks.



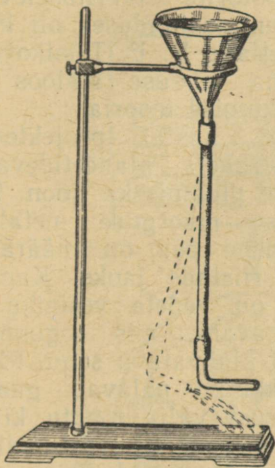
Joon. 94. Sisepõlemismootorite kasutamise näiteid.

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

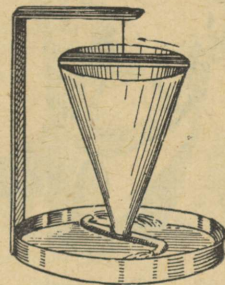
toritega, mis töötavad teistel põhimõtetel kui harilikud lennuki-mootorid.

Reaktiivmootorite töötamise printsiip põhineb mehhaanika põhi-teisele kehale mingi jõuga ja muu-dab selle kiirust, siis mõjub esime-sele kehale niisama suur, kuid vastupidiselt suunatud jõud.

Vaatleme katseid, mis selgita-vad seda põhimõtet. Ühendame



Joon. 95. Vedeliku väljavoolujoa reaktsioon.



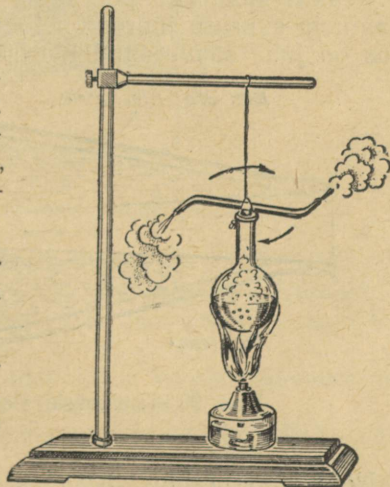
Joon. 96. Segneri ratas.

lehtri kummitoruga, mille otsas on kõverdatud klaastoru (joon. 95). Kui lehtrisse valada vett, siis hak-kab vesi välja voolama torust, mis seejuures kaldub kõrvale vas-tassuunaliselt veejoa liikumisele. Üheaegselt rõhumisjõuga, mis su-rub vett torust välja, tekib jõud, mis tõukab toru vastupidises suu-nas.

Jõudu, mis kallutab toru kõr-vale, nimetatakse väljavoolujoa reaktsiooniks.

Joonisel 96 on kujutatud niini-metatud segneri ratas, mis pöörleb väljavoolujoa reaktsiooni mõjul.

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



Joon. 97. Auruvurr.

Väljavoolava auru reaktsioon paneb pöörlema riista, mis on kujutatud joonisel 97.

Väljavoolava gaasijoa reaktsiooni kasutatakse ammust ajast rakettide laskmisel.



K. E. Tsiolkovski
(1857—1935).

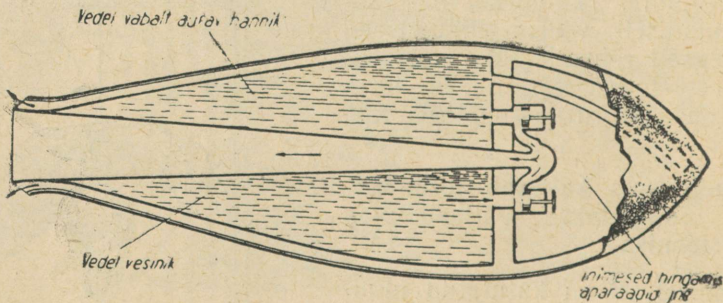
des. Põletusainena kasutati piiritust jt. Lennuki kiirus 5400 km tunnis.

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

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. 98). 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.

Reaktiivmootoreid kasutati Teise maailmasõja ajal mitte üksnes lennukis, vaid ka kaugelaske mürskudel, mis kasutasid vedela vesiniku ja hapniku segu, mis ületas 1000 km tunnis, mürsul aga 5400 km tunnis.

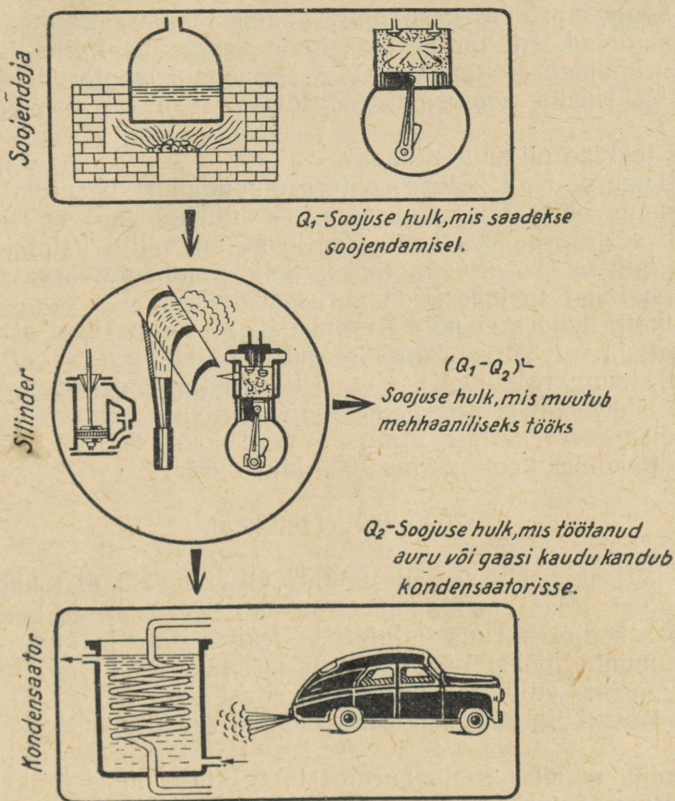


Joon. 98. Tsiolkovski planeetidevahelise raketi skeem.

Nõukogude Liidus töötavad intensiivselt füüsikud ja tehnikud koos töölistega reaktiivmootorite täiustamise alal. Selle töö edu üle võib otsustada kas või kaardiväe reaktiivmiinipildujate kat-

juuśade» järgi, mis olid fašistidele ootamatuks ning hirmsaks relvaks.

75. Soojusmasina peamised osad. Igas soojusmasinas, olgu see aurumasin, auruturbiin või sisepõlemismootor, võib eraldada kolm põhilist osa:



Joon. 99. Energia muundumise skeem soojusjõumasinas.

1) soojusallikas — soojendada (katel ühes auruga aurumasinais ja turbiinides või silinder ühes kolviga aurumasinas ning sisepõlemismootoris);

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,

ülejäanud muundumata osa aga läheb kondensaatorisse. Energia muundamisskeem soojusmasinas on antud joonisel 99.

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

76. Soojusmasinate kasutegur. Soojusmasinate kasutegurid on väga madalad. Nii on aurumasinate kasutegur mitte üle 15%; auru turbiinidel — umbes 20%; sise põlemismootoreil — mitte üle 34%. Niisiis, soojusmasinad 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 suitsulööridesse.

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 kilokalorit:

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

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%

Soojusmasinate 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 sise põlemismootoreis 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 29.

1. Parimad kõige esimestest aurumasinatest 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.

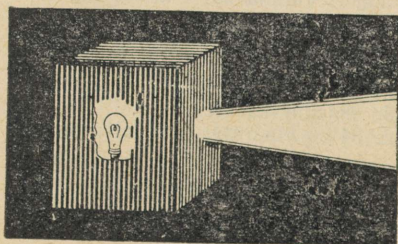
3. Aurumasin kulutab 5100 kalorit 1 hj kohta tunnis. Arvutada selle masina kasutegur ja võrrelda seda eelmise ülesande masina kasuteguriga.

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

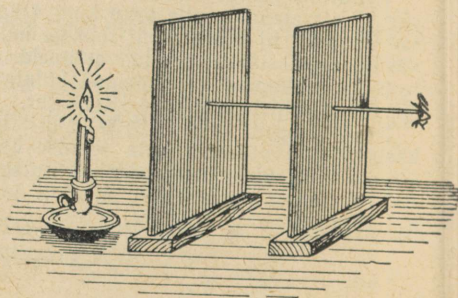
VIII peatükk.

VALGUSE LEVIMINE.

77. **Valguse sirgjooneline levimine.** Võtame üsna heleda valgusallika (elektri- või petrooleumilambi) ja katame lambi kastiga, milles on väike ava (joon. 100). Avast tulevate kiirte tee laseme suitsu. Me näeme selgesti, et suitsu valgustavate kiirte tee on sirgjooneline. Sama paneme tähele, kui päikese valguskiired tungivad läbi allalastud aknakatete augukeste ja valgustavad oma teel toa õhus leiduvaid tolmukübemeid.



Joon. 100.



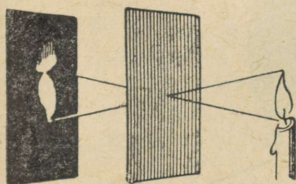
Joon. 101.

Võtame kaks läbitorgatud augukestega kartongi ja asetame need teineteisele paralleelselt silma ja mingi hästi valgustatud eseme, näiteks akna või põleva küünla vahele. Me näeme eset läbi kahe ava ainult siis, kui silm, mõlemad avad ja ese asetsevad ühel sirgel (joon. 101).

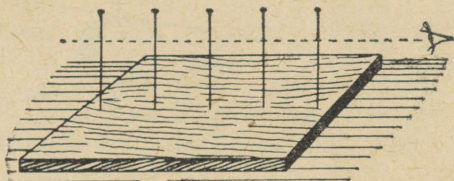
Asetame väikese avaga kartongi küünla lähedale, selle taha aga mõningal kaugusel paberilehe või kartongi; saame ekraanil mitte lihtsa valguslaigu, vaid valgustatud eseme kujutise (joon.

102). Kuidas seda seletada? Vaatleme valguse kiirte käiku eseme kõigist punktidest. Igast valgustatud punktist saadakse oma täpikese ja kõik täpikesed asetuvad nii, et annavad eseme kujutise. Pole raske näha, et kujutis on ümberpööratud. Kui ava on küllalt suur, siis ühete punktide täpid katavad teisi ja ähmastavad kogu kujutise. Mida väiksem on ava, seda selgem (teravam) on kujutis, kuid see-eest kahvatum, sest läbi väiksema ava läheb vähem valgust.

Asetame kartongi lauale ja torkame sellesse üksteise järele



Joon. 102. Kujutise saamine väikese ava abil.



Joon. 103. Sirgjoone tähistamine nõõpnõeltega.

teatud kaugusel nõõpnõelad nii, et, asetades silma esimese nõõpnõela ette, näeksime, et ülejäänud nõõpnõelad kattuvad esimesega (joon. 103).

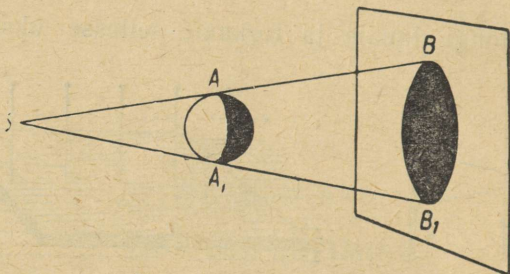
Asetanud joonlaua nende nõõpnõelte kõrvale, veendume, et kõik asetsevad ühel sirgel. Samal viisil tähistatakse sirgjooni maapinnal maamõõdu tööde juures (joon. 104), asetades järjest üksteist varjavaid mõõdulatte.



Joon. 104. Sirgjoone tähistamine põllul.

Kõige vaadeldu alusel võime öelda, et valgus levib sirgjooneliselt. Seejuures tuleb silmas pidada, et antud juhul levib valgus ühes ja samas keskkonnas (näiteks õhus). Edaspidi näeme, et valgus, minnes ühest keskkonnast teise, muudab oma suunda. Seepärast võib täpsemalt öelda nii: **ühes ja samas keskkonnas levib valgus sirgjooneliselt.**

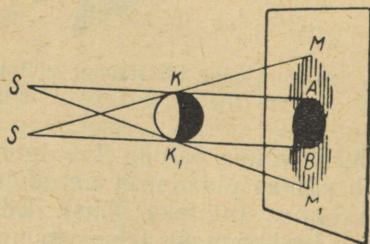
78. **Vari ja poolvari.** Kui taskulambist tulevate valguskiirte teele asetada mingi läbipaistmatu keha (joon. 105), selle taha aga valge kartongileht (ekraan), siis näeme ekraanil teravalt piiritletud ümmargust varju. Kui ühe lambi asemel asetada kõrvuti kaks või kui võtta üks harilik elektrilamp (joon. 106), siis näivad varju ääred ebaselgeina.



Joon. 105. Varju tekkimine.

See on seletatav valguse sirgjoonelise levimisega. Kui valgusallikas on väga väike, s. o., kui ta kujutab enesest peaaegu helenavat täppi, siis, nagu näitab joonis 105, piiritlevad sirged AB ja A_1B_1 valgust varjust teravalt. Kui aga valgusallikas ise võtab enda alla teatud ruumi, siis lähtuvad kiired igast tema punktist ja vari tekib joonte KA ja K_1B vahel (joon. 106), kuhu ei satu valgusallika ühegi punkti kiired. Selle ümber on kohad, kuhu allika ühtede punktide kiired satuvad, teiste omad aga mitte. Selle tulemusena on vari ümbritsetud heledama alaga — poolvarjuga. Joonisel 106 tekib poolvari KA ja KM ning K_1B ja K_1M_1 vahel.

Et ükski meie valgusallikas ei ole punkt, sellepärast on varju piiril alati järkjärguline üleminek varjult ekraani valgustatud osale.

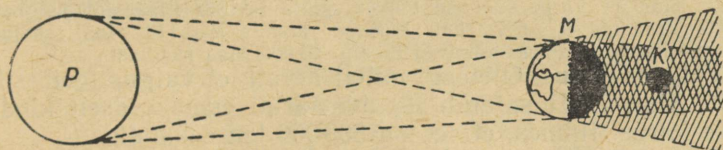


Joon. 106. Poolvarju tekkimine.

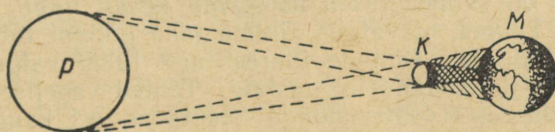
Harjutus 30.

1. Kas saadakse ühesuguste piirjoontega varjud pliiatsist, mida hoitakse hõõglambi niidiga kord paralleelselt, teinekord risti?
2. Mis alusel võime võrrelda esemete kõrgust päikese valguses heidetud varju pikkuse järgi?
3. Vertikaalselt paigutatud 1,5 m kõrgune kepp heidab enesest päikese valgusel 2 m pikkuse varju. Vabrikukorsten heidab enesest samal ajal 50-meetrise varju. Kui kõrge on vabrikukorsten?
4. Millise nurga all paistab Päike, kui eseme varju pikkus on võrdne eseme kõrgusega?

79. Päikese- ja kuuvarjutused. Varju tekkimine valgusallika kiirte langemisel läbipaistmatule esemele selgitab meile selliseid nähtusi nagu päikese- ja kuuvarjutused. Tuleb võtta arvesse, et Päike kiirgab valgust, aga Maa ja Kuu valgust ise ei kiirga ja neid valgustab Päike. Kuu liikumisel ümber Maa võib Kuu sat-



Joon. 107. Kuuvarjutus.



Joon. 108. Päikesevarjutus.

tuda Maa ja Päikese vahele või Maa sattuda Kuu ja Päikese vahele. Et tekiks varjutus, peavad Maa, Kuu ja Päike asetsema ühel sirgel. Kui Kuu liiguks ümber Maa samas tasapinnas, milles Maa liigub ümber Päikese, siis korduksid varjutused igas kuus. Kuid tasapind, milles liigub Kuu, on selle tasapinnaga, milles liigub Maa, veidi kaldu (5°). Varjutuseks on vajalik selline kokkusattumine, et Kuu tuleks nende pindade lõikumisjoonele just noor- või täiskuu momendil. Kuuvarjutuse ajal satub Kuu varju koonusesse, mille heidab Maa (joon. 107), päikesevarjutuse (joon. 108) ajal satub Kuu poolt heidetud varju koonus Maale, Maa on siis nagu ekraan. Maa neis kohtades, kuhu sattus täisvari, on nähtav Päikese täisvarjutus; poolvarju kohtades kaetakse kinni ainult osa Päikesest ja toimub osaline varjutus, aga Maa teistes kohtades pole üldse mingisugust varjutust näha.

Kuna Maa ja Kuu liikumised on hästi läbi uuritud, siis öeldakse täpselt palju aastaid ette ka varjutuse alguse momendid. Astronoomid kasutavad iga varjutuse saabumist, et korraldada mitmesuguseid teaduslikke vaatlusi ning mõõtmisi. Päikese täisvarjutus pakub haruldast juhus t vaadelda Päikese välisosi, mis harilikult pole nähtavad Päikese pinna silmipimestava sära tõttu.

Päikesevarjutused ajasid hirmu peale ebausklitele ja harima-tuile inimestele, vaimulikkond aga kasutas seda oma huvides, spekulcerides rahva pimedusega. Varjutuste tõeliste põhjuste tundmine nagu teistegi loodusnähtuste tundmine ja oskus neid seletada annavad meile kätte parima relva võitluses ebausuga.

Harjutus 31.

1. Määrata varju koonuse pikkus, mille heidab enesest Kuu noorkuu ajal, millal Kuu ja Päikese keskkohdade kaugus võrdub ligikaudu 150 000 000 km. Kuu ja Päikese diameetrite suhe on ligikaudu 1:400.

2. Kui suur on varju koonuse pikkus, mille tekitab Päikesest valgustatud Maa? Maa raadius $R_1=6370$ km. Päikese raadius $R_2=110$ Maa raadiusega. Maa tsentri kaugus Päikese tsentrist on ligi 23 900 Maa raadiust.

80. Valguse kiirus. Oli aeg, millal arvati, et valgus levib silmapilkselt. Alles XVII sajandi lõpul määrati esmakordselt kindlaks valguse kiirus. Ilmnes, et see on 300 000 km sekundis.

Valgus võib käia ümber Maa umbes 8 korda sekundis, see-pärast niisugustes kaugustes, mida me Maa peal võime haarata pilguga, levib valgus momentaanselt. Ent me näeme mitte ainult maapealseid esemeid.

Tähed, mis on samasugused hõõguvad kehad nagu Päike, on meist niivõrd kaugel, et valgus lähima tähe juurest tuleb meieni ligi $4\frac{1}{3}$ aastat, teiste tähtede juurest aga tuleb valgus meieni kümneid, sadu ja tuhandeid aastaid. Tähtedevahelised kaugused on nii suured, et astronoomid kasutavad eri kaugusühikut, mida nimetatakse valgusaastaks. Valgusaasta — see on selline kaugus, mille valgus läbib ühe aastaga.

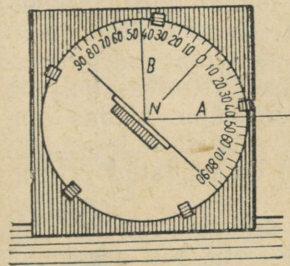
Peab tähendama, et mitte igas keskkonnas pole valguse kiirus 300 000 km sekundis.

300 000 km sekundis — see on valguse kiirus tühjuses (vaakuumis). See on suurim kiirus. Valguse kiirus õhus erineb sellest kiirusest väga vähe. Vees on valguse kiirus ligikaudu $\frac{3}{4}$ valguse kiirusest õhus. Klaasis on valguse kiirus ligikaudu $1\frac{1}{2}$ korda väiksem kui valguse kiirus õhus.

Kahest keskkonnast on optiliselt tihedam see keskkond, milles valguse levimise kiirus on väiksem.

VALGUSE PEEGELDUMINE.

81. Valguse peegeldumise seadused. Lastes peeglile päikesekiiri, võib saada valguse peegelduslaigu. Valguse peegelduslaik tekkis päikesekiirte peegeldumise tõttu peeglit. Muutes peegli asendit kiirte suhtes, muudame me ka peegelduslaigu asendit. Järelikult, peegelduvate kiirte suund sõltub langevate kiirte suunast.



Joon. 109.

Et selgitada, kuidas toimub valguse peegeldumine, teeme katse.

Võtame tasapinnalise peegliks ja kinnitame ta külge ristiseisva osuti N (joon. 109). Hoides selle peegliks kiirte teel nii, et kiired langeksid peeglile ristjoone aluse punktis N , pöörame tähelepanu sellele, kuidas peegeldub kiir peeglit.

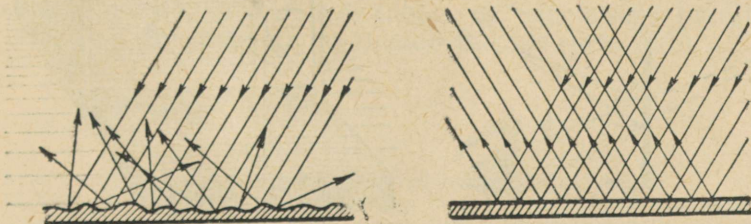
Võrdleme nurki, mida moodustavad langevad ja peegelduvad kiired ristjoonega. Nurka ANO , mis on langeva kiire ja langemispunkti peeglile püstitatud ristjoone vahel, nimetatakse langemisnurgaks. Nurka BNO , mis on peegeldunud kiire ja sama ristjoone vahel, nimetatakse peegeldumisnurgaks.

Peab tähendama, et kõik kolm suunda — langeva kiire, peegli ristjoone ja peegelduva kiire suund — asuvad ühes tasapinnas. Tehes katset mitu korda, veendume, et igal langemisnurga muutumisel muutub ka peegeldumisnurk. Mõõtes iga kord neid nurki, me võime kindlaks teha, et nad on alati teineteisega võrdsed.

Seega toimub valguse peegeldumine järgmiste seaduste järgi:

1. Langev kiir ja peegeldunud kiir asuvad ühes tasapinnas kiire langemispunkti peegelpinnale tõmmatud ristjoonega.

2. Peegeldumisnurk võrdub langemisnurgaga.



Joon. 110. Valguse hajuv peegeldumine ja peegeldumine siledalt peeglit.

Harjutus 32.

1. Kuidas peegeldub kiir, mis langeb peeglile risti?
2. Milline peab olema langemisnurk, et peegeldunud kiir moodustaks langeva kiirega täisnurga?
3. Langemisnurk on 60° . Milline on nurk langeva ja peegeldunud kiire vahel? — Langemisnurk on 80° . Kui suur on sel juhul nurk langeva ja peegeldunud kiire vahel?

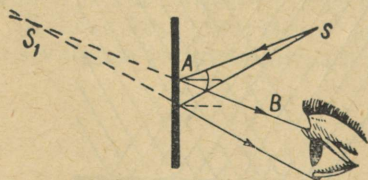
82. Hajuv peegeldumine. Teades, kuidas toimub kiirte peegeldumine, võib selgitada, mispärast krobeliselt pinnalt kiired hajuvad igale poole. Krobeline pind oma mõhkade ja nõgudega peegeldab kiiri igas võimalikus suunas. Joonisel 110 (vasakul) on ta kujutatud suurendatud kujul. Selgesti on näha, kuidas langev paralleelsete kiirte kimp, peegeldudes valgustatud pinnalt, hajub mitmele poole. Joonisel 110 (paremal) on näidatud peegeldumine siledalt pinnalt.

Kõik kehad, mis on valgustatud mingist allikast, saavad nähtavaks ainult nende poolt hajutatud valguse tõttu. Kui peegelduv pind on täiesti sile, näiteks hea peegel, siis siin kiired igalt pinna osalt igale poole ei haju ja me näeme mitte peeglit, vaid valgusallika kujutist.

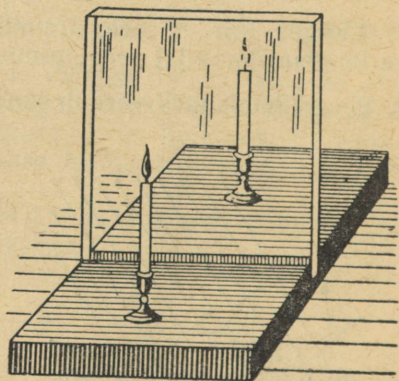
83. Tasapeegel ja selle kasutamine. Vaadeldes eseme kujutist tasapeeglis, näeme seda kujutist peegli taga, s. o. seal, kus eset tõepoolest pole. Kuidas on see võimalik?

Langu peeglile valguskiired (joon. 111), mis, peegeldudes sealt, satuvad meie silma. Kiir SA , peegeldudes peeglit, läheb AB suunas. Vaadates kiire suunas, näeme valgusallikat mitte punktis S , vaid punktis S_1 , mis asub peegli taga. See punkt ei ole too tõeline punkt, kust valgus lähtus. Seepärast nimetatakse teda tolle punkti kujutiseks ja nimelt ebakujutiseks ehk näiliseks kujutiseks.

Kinnitame alusele vertikaalses asendis tasapinnalise klaasi. Asetanud selle ette põleva küünla (joon. 112), näeme selle küünla peegeldust klaasil. Võ-



Joon. 111. Valguspunkt ja selle kujutis.



Joon. 112. Küünla peegeldus klaasil.

tame nüüd teise samasuguse, kuid süütamata küünla ja asetame teisele poole klaasi. Nihutades seda klaasile lähemale või klaasist kaugemale, leiame sellise asendi, kus ka teine küünal näib olevat süüdatud. See tähendab, et süütamata küünal asetseb samas kohas, kus näeme põleva küünla kujutist. Mõõtnud küünalde kaugused klaasist, veendume, et need on võrdsed.

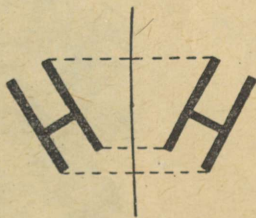
Eseme kujutis tasapeeglis näib asetsevat peegli taga samal kaugusel, nagu ese ise on peegli ees (joon. 112). Et konstrueerida eseme kujutist tasapeeglis, on vaja eseme mitmest punktist lasta ristjooned peeglile ja pikendada neid samasugusele kaugusele peegli taha (joon. 114).



Joon. 113. Peegeldumine vees.

Tasapeeglit kasutatakse laialt mitte ainult igapäevases elus, vaid ka mitmesuguste riistade valmistamisel.

Väga tähtsat rakendamist leiavad peeglid riistas, mida nimetatakse periskoobiks. Periskoobi abil võib vaenlast jälgida kaevikust või mõnest muust varjendist, sealt välja tulemata.

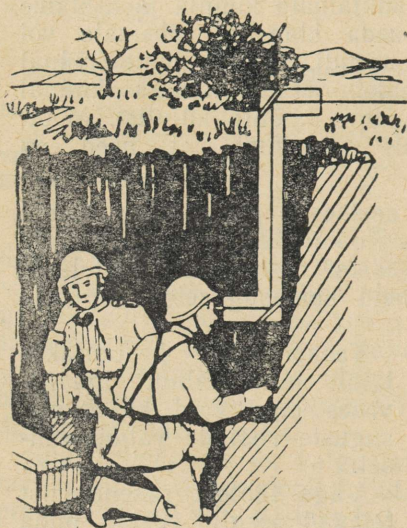


Joon. 114. Kujutise ehitamine tasapeeglis.

Periskoobi abil võib allveelaevast näha, mis tehakse merepinnal. Periskoop lihtsamal kujul koosneb 2 peeglist, mis on asetatud 45° nurga all horisondi suhtes, on teineteisega paralleelsed, erinevatel kõrgustel ja on suletud torusse (joon. 115).

Harjutus 33.

1. Miks autos juhi ette kinnitatakse teatud nurga all tasapeegel?
2. Ehitage periskoop, kasutades periskoobi toruks vineeri või tihedat kartongi.
3. Missuguselt paberilt on silmal parem lugeda kirja, kas läik- või matt-paberilt? Seletage, mispärast.



Joon. 115. Kaevikuperiskoop.

4. Mispärast, vaadates päeval tänavalt toaaknasse, on raske näha toas olevaid esemeid, samal ajal kui toast on hästi näha, mis toimub tänaval?

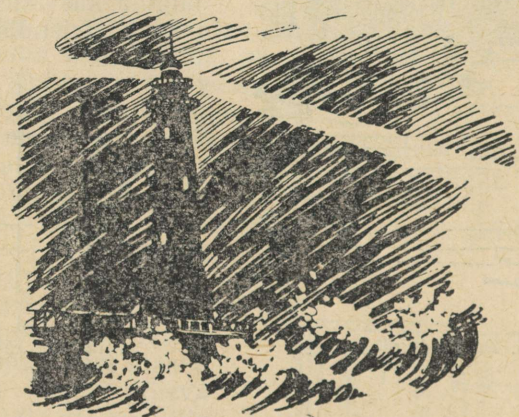
5. Millega seletada, et läbi tiheda võrgu vaatava inimese nägu pole näha, samal ajal kui see inimene ise näeb läbi võrgu kõiki esemeid hästi?

6. Mispärast lumi sätendab?

7. Mispärast ümbritsetakse elektrilampe eluruumis tuhmvalge abasuuriga?

8. Mispärast on klaas harilikult läbipaistev, aga niipea kui teda hõõruda smirgliga, muutub ta läbipaistmatuks?

9. Joonisel 115 on kujutatud periskoop, mida kasutatakse sõja ajal vaenlase vaatlemiseks kaevikust. Joonestada valguskiirte käik periskoobis.



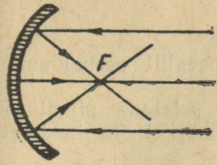
Joon. 116. Prožektori kiired.

84. Peegeldumine nõguspeeglitelt. Öhtul pimestab meid vastutulev auto oma heledate tuledega.

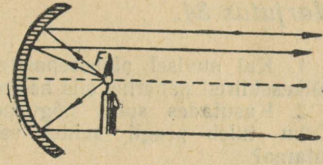
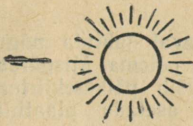
Prožektor viskab kaugele võimsa valgusvihu, mis valgustab heledalt kõike, mis satub selle valgusvihu teele.

Joonisel 116 on näidatud võimas tuletorn, mis saadab valgusvihke kümnete kilomeetrite kaugusele orienteerumiseks meremeestele.

Kõigil neil ja paljudel teistel juhtudel toimub valguse saatmine ruumi nõguspeegli abil, mille ees asetseb valgusallikas.



Joon. 117.



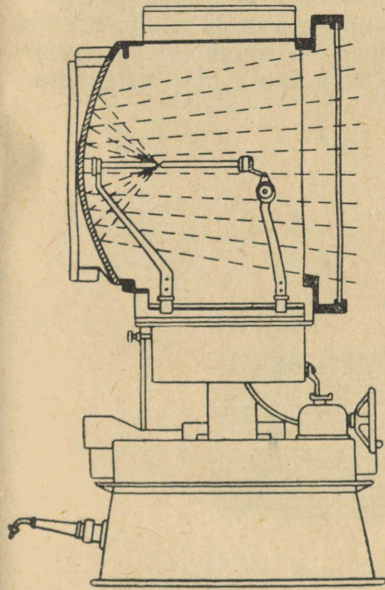
Joon. 118.

Pöörame nõguspeegli Päikese poole. Me näeme, et peeglile langevad päikesekiired koonduvad ühte punkti (joon. 117). Seda punkti nimetatakse peegli fookuseks. Kiiri, mis tulevad kaugelt Päikeselt, võib pidada paralleelseiks. Järelikult, kui nõguspeeglile langevad kiired paralleelse kimbuna, siis koonduvad nad fookusesse.

Ümberpöörduvalt, kui asetada valgusallikas (valguspunkt) nõguspeegli fookusesse, siis peegeldab peegel kiiri paralleelse kimbuna (joon. 118).

Viimane asjaolu leiab kasutamist kõigis valgustajais, mis on määratud selleks, et suunata valgust teatud üksikkohta ilma valguse tunduva nõrgenemiseta. Nii ehitatakse valgustajaid autolaternais (esilaternais), projektiooni-, tasku- jm. laternais. Igäühes neist on valgusallika taga nõguspeegel ehk, nagu seda nimetatakse, reflektor¹.

Eriti suurt tähtsust omab see aga võimsate prožektorite ehitamisel (joon. 119). Prožektor koosneb kahest peamisest osast: võimsast valgusallikast (harilikult võimsast elektrikaarlambist) ja suurest nõguspeeglist, mis on asetatud nii, et valgusallikas oleks peegli fookuses. Sellise ase-



Joon. 119. Prožektor.

tuse juures suunatakse valguskiiri peaaegu paralleelse kimbuna. Suur prožektor võib valgustada ruumala 10—12 km kaugusele, näha aga võib teda silmaga, mis on suunatud kiirtele vastu, 75 ja enam kilomeetri kaugusele.

Eriti suuri prožektoreid kasutatakse mereasjanduses nii pideva kui ka vilkuva valgusega majakates.

¹ Reflektor tähendab peegeldaja.

Harjutus 34.

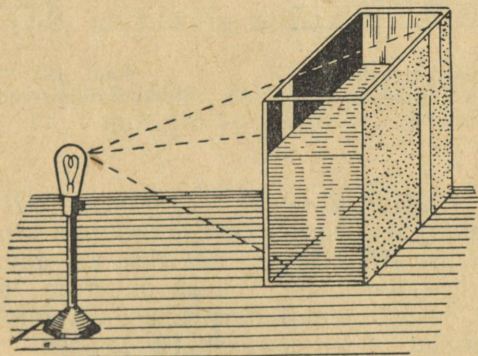
1. Kui suvisel päikesepaistelisel päeval juhtida nõguspeeglilt peegeldunud päikesekiired paberile, siis hakkab paber põlema. Mispärast?

2. Kasutades suurt nõguspeeglit, võib päikesekiirtega sulatada plaatinat. Kuhu tuleb peegli suhtes sel juhul asetada plaatinatükk, et ta hakkaks sulama?

X peatükk.

VALGUSE MURDUMINE.

85. **Valguse murdumise mõiste.** Võtame nelinurkse klaasnõu või lamedate külgedega pudeli. Ühele tahule kleebime õlitatud paberi, vastastahule — musta paberi, mille keskele teeme kitsa vertikaalse pilu (joon. 120). Kui musta paberiga kaetud tahu



Joon. 120. Murdumine vees.

poole paigutada lamp või küünal nii, et valgus langeks anuma tahule kaldu, siis saame õlitatud paberil valgustatud riba, mille asendi järgi võib otsustada valguskiire suuna üle anumal.

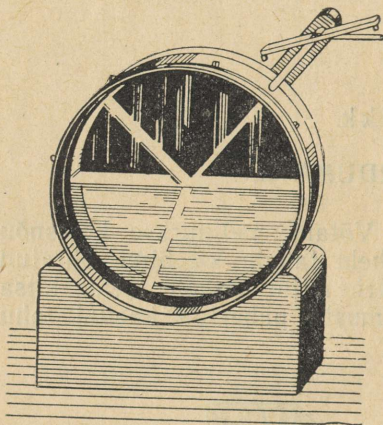
Valanud anumasse poolest saadik vett, märkame, et alumine valgusriba, kus valgus läheb läbi vee, on oma endisest asendist nihkunud teisale, lähenedes tahu keskkohale.

See tõendab, et ühest keskkonnast teise minnes ei jää kiir sirgjooneliseks, vaid murdub kahe keskkonna piiril.

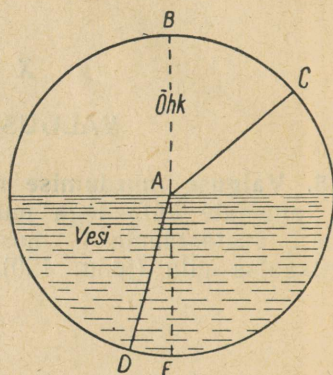
Eriti hästi võib vaadelda kiirte käiku, kui kasutada riista, mis on kujutatud joonisel 121. Riista ülemises osas läheb kiir läbi

õhu, alumises aga läbi vee. Õhku veest eraldaval piiril peegeldub kiir osaliselt, osaliselt läheb vette, muutes järsult oma suunda.

Kui kujutleda sirget, mis läbib punkti A , olles risti veepinnaga, siis ilmneb, et valguskiir CA muudab üleminekul õhust vette suunda, lähenedes ristjoonele (kiir vees) (joon. 122).



Joon. 121. Riist valguskiirte murdumise uurimiseks vedelikes.



Joon. 122 valguskiire murdumisseaduste juurde.

Nurka CAB langeva kiire AC ja ristjoone AB vahel nimetatakse langemisnurgaks. Nurka DAE murdunud kiire AD ja sama ristjoone pikenduse AE vahel nimetatakse murdumisnurgaks.

Kui valguskiire üleminekul õhust mingisse teise keskkonda murdumisnurk on väiksem langemisnurgast, siis loetakse seda teist keskkonda õhu suhtes optiliselt tihedamaks.

Järgnevalt on optilise tiheduse vähenemise järjekorras näidatud rida aineid: teemant, väävelsüsinik, kivisool, klaas (kerged sordid), piiritus, vesi, õhk.

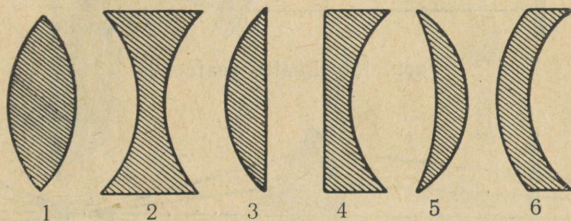
Katse näitab, et kui valguskiir läheb veest õhku DA suunas (joon. 122), siis, väljudes veest punktis A , läheb ta õhus AC suunas. Murdumisnurk CAB on sel puhul langemisnurgast suurem. Järelikult, valguskiir, tulles optiliselt tihedamast keskkonnast õhku, kaldub kõrvale kiire langemispunktist kahe keskkonna piirpinnale tõmmatud ristjoonest. Kui muuta kiire langemisnurka CAB , siis näeme, et muutub ka murdumisnurk DAE . Langemisnurga suurenemisega suureneb ka murdumisnurk ja langemisnurga vähenemisega väheneb ka murdumisnurk.

Sooritatud katsete alusel võib määrata kindlaks järgmised valguse murdumise seadused:

1) Üleminekul ühest keskkonnast teise kaldub kiir oma esialgsest suunast kõrvale — murdub.

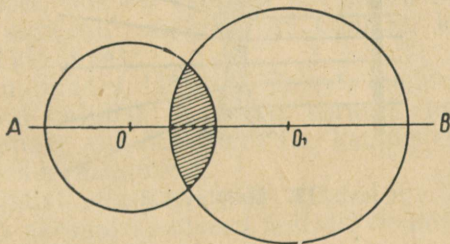
2) Langev ja murduv kiir on ühes tasapinnas ristjoonega, mis on tõmmatud kiire langemispunkti.

86. **Läätsed.** Läätsedeks nimetatakse mitmesuguseid lihvitud klaase, mis on piiratud kõverate — kumerate või nõgusate pindadega. Joonisel 123 kujutatud läätsed 1, 3 ja 5 on kumerad läätsed, 2, 4 ja 6 aga nõgusad läätsed. Kumeral läätsel väliseks iseloomustavaks tunnuseks on, et ta äärtest keskkoha poole pakeneb, nõgusatel aga — ümberpöörduvalt.



Joon. 123. Läätsede mitmesugused kujud.

Joont AB , mis läbib läätsel piiravate sfääriliste pindade keskpunkte O ja O_1 , nimetatakse läätsel optiliseks teljeks (joon. 124).



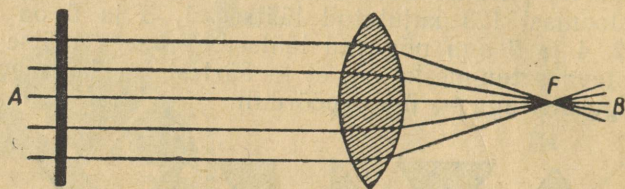
Joon. 124. Optiline telg.

Kinnitanud kaksikkumeral läätsel valge mattpaberiga kaetud lauale, laseme läätsel kimbu kiiri, mis on paralleelsed läätsel optilise teljega.

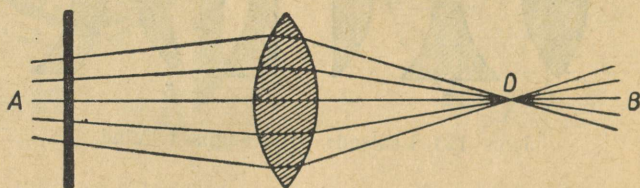
Näeme, et kiired läätsel läbi minnes ei jää paralleelseiks, vaid murduvad ja koonduvad läätsel optilisel teljel ühte punkti (joon. 125). Nimetame punkti F , kuhu koonduvad optilise teljega paralleelsed kiired pärast läätsel läbimineku, läätsel peafookuseks.

Kaugust läätse keskpunktist kuni peafookuseni nimetatakse fookuse kauguseks.

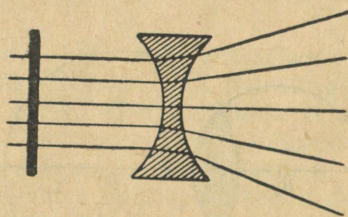
Laseme läätsele mõned kiired, mis pole läätse teljega paralleelsed ja tulevad peafookuse taga asetsevast valgusallikast. Need kiired murduvad läätsest läbi minnes täpselt samuti ja koonduvad punkti D , mis ei ühti läätse peafookusega (joon. 126).



Joon. 125. Läätse peafookus.



Joon. 126. Koondav lääts.



Joon. 127. Hajutav lääts.

Kumerlääts koondab kiiri, mispärast teda nimetatakse ka koondavaks läätseks.

Kiirte läbiminekul nõgusast läätsest näeme teistsugust pilti.

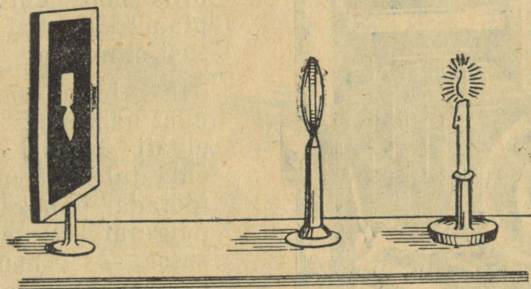
Milline ka oleks nõgusale läätsele langevate kiirte suund, läätsest väljumisel on nad hajuvad (joon. 127). Nõgusaid läätsi nimetatakse hajutavaks läätsedeks.

87. Koondav lääts. Laseme Päikeselt langevad kiired läbi kumerläätse. Läätse teisel küljel tekib hele, kuid väga väike Päikese kujutis, mis asub läätse fookuses. Sel kõrbel kogutud päikesekiirtega võib süüdata paberit, eriti siis, kui kiired pole tulnud läbi akn klaasi ja kui valge paberi asemel võtta must.

Kaksikkumera läätsel abil võib saada ekraanil helendavate või valgustatud esemete kujutisi.

Liigutades põleva küünla ja ekraani vahel kaksikkumerat läätsel, võib leida sellise läätsel asendi, mille juures ekraanil tekib küünla leegi selge, kuid ümberpööratud kujutis (joon. 128).

Kui läätsel lähendada küünlale, siis, et saada ekraanil küünla kujutist, tuleb ekraan nihutada edasi. Kujutis seejuures suureneb, kuid jääb ümberpöörduks. Mida lähemale paneme läätsel küünla, seda kaugemale tuleb viia ekraan ja seda suurem tekib kujutis.



Joon. 128.

Peab tähendama, et küünla suurendatud kujutiste saamiseks ei või küünalt lähendada läätsel liiga lähedale. Kui küünal asetseb kaugusel, mis on väiksem kui läätsel fookusekaugus, siis ei saa meie ekraanil mingisugust kujutist, kui kaugele meie ekraani ka lükkaksime.

Vastupidi, nihutades läätsel küünlast eemale, saame ekraanil üha väiksemaid kujutisi, kusjuures ekraani tuleb asetada läätsel igka ligemale, ent minemata üle kaugustele, mis on väiksemad läätsel fookusekaugusest.

Küünla kujutist ekraanil võib saada iga kumerläätsel abil, kuid küünla ja ekraani kaugused läätselst olenevad läätsel fookusekaugusest.

Koondava läätsel omadust anda tema ees asetsevaist esemest tõeselisi kujutisi, kasutatakse mitmesugustes optilistes riistades.

88. Fotoaparaat. Nüüdisaja fotoaparaat on kujutatud joonisel 129.

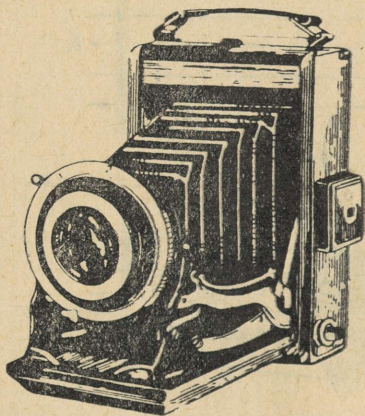
Aparaadi esiosas, mis on pööratud eseme poole, millest soovime saada kujutist, on objektiiv¹. Aparaadi tagaseinas on mattklaas. Löötsel abil võib seada objektiivi aparadi mattklaasist

¹ Objektiiviks optilistes riistades nimetatakse koondavate läätsel süsteemi, mis on pööratud objekti — eseme poole.

sellisele kaugusele, et mattklaasil tekib terav überpöörduv kujutis esemest, millele on suunatud objektiv.

Ülesvõtte tegemisel asetatakse aparati mattklaasi asemele lame kaanega kastike — kassett, milles on valgustundliku kihiga kaetud klaasplaat.

Kui avada aparaadisse paigutatud kasseti kaas, siis pildistatava eseme kujutis, mis enne saadi mattklaasil, tekib nüüd valgustundlikul kihil.



Joon. 129. Fotoaparaat.

Valguse mõjul muutub valgustundlikus kihis olev broomhõbe, kuigi me, võtnud plaadi kassetist, mingit muutust ei märka.

Et broomhõbeda muutmist nähtavaks teha, on vaja plaati ilmutada, milleks teda tuleb keemiliselt ümber töötada pimekambris. Plaat paigutatakse erilisse lahusesse — ilmutisse; siis saadakse valgustundlikus kihis must kujutis, mis koosneb metalsest hõbedast. Broomhõbe, mida valgus ei mõjutanud, ei taandu ja eemaldub kihist, lahustudes

hüposulfiidi lahuses. Pärast sellist töötlemist pestakse plaat puhta veega ja kuivatatakse. Pärast kuivamist saadakse edasiseks töötlemiseks valmis negatiiv, kus eseme heledad kohad on tumedad, eseme tumedad kohad aga heledad (joon. 130 a).

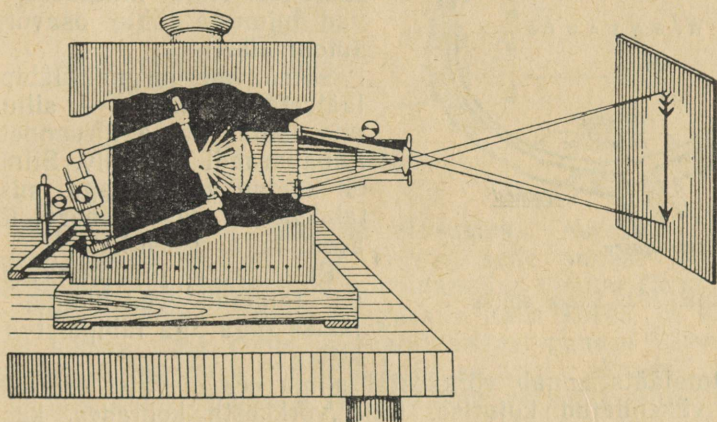
Et saada positiivi, s. o. pilti, kus tumedad ja heledad kohad



Joon. 130 a, b. Negatiiv ja positiiv.

oleksid paigutatud õigesti, asetatakse negatiivile paber ehk plaat, mis on kaetud valgustundliku kihiga. Valgustades seda plaati läbi negatiivi, saadakse positiiv, s. o. selline kujutis, mille tumedad ja heledad kohad vastavad pildistatud esemele (joon. 130 b).

89. Projektsiooniaparaat. Fotoaparaadi mattklaasil saame kaugse eseme vähendatud kujutise. Projektsiooniaparaadi (joon. 131) abil aga saame laternast eemal seisval ekraanil väikestest, heledasti



Joon. 131. Projektsiooniaparaat.

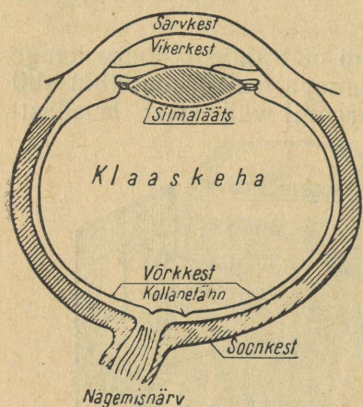
valgustatud piltidest suurendatud kujutised. Selleks asetatakse läbipaistev pilt — diapositiiv — objektiivi taha kaugusele, mis on fookusekaugusest veidi suurem. Pildi taha asetatakse tugev valgusallikas; selle kiired, minnes läbi läätsede süsteemi, mida nimetatakse kondensatoriks¹, valgustavad ühtlaselt projekteeritava pildi kogu pinda.

Ekraanil tekib suurendatud ümberpööratud kujutis.

90. Kino. Kinopildid, millel näeme liikuvaid esemeid, tekitatakse ekraanile samasuguse projektsiooniaparaadiga, nagu liikumatud pildidki, ainult selle vahetusega, et üksiku pildi kujutis jääb ekraanile väga lühikeseks ajaks. 1 sekundi jooksul vahetub ekraanil 25 pilti, milles igapähe liikuvad esemed võtavad uue, eelmisest vähe erineva asendi. Iga pildi vahetusel objektiiv suletakse, nii et ekraan jääb selleks ajaks pimedaks; mulje ülesvõtteist vaheldub katkestamatult ja meie tajume sel kombel esemete pidevat liikumist. See nähtus on seletatav sellega, et nägemisnärvi ärritus, mille tekitab heledasti valgustatud ese, kestab umbes 0,1 sekundit veel pärast seda, kui pilt on kadunud. Selle tagajärjel näeme ekraanil pilti veel 0,1 sekundi jooksul, kuigi seda pilti ekraanil enam ei ole ja see on jõudnud vahetuda uuega. Iga pilt jääb ekraanile vähem kui 0,04 sekundiks. Piltide vahetus kestab 0,01 sekundit.

¹ Ladinakeelne sõna *condensare* tähendab tihendamata.

91. Silma ehitus. Joonisel 132 on kujutatud silma läbilõige. Väljastpoolt on silm kaetud valge kestaga, selle esiosa — sarvkest — on kumer ja läbipaistev. Edasi järgneb vikerkest. See on erinevail inimestel erinevat värvust. Vikerkesta keskel on



Joon. 132. Silma ehitus.

avaus — silmaava, mille kaudu valgus pääseb silma. Silmaava suurus muutub: kui on hele valgus, siis silmaava on väike, vastupidi, nõrgas valguses silmaava suureneb. Need muutused toimuvad inimeste tahte osavõtuta — automaatselt.

Silmaavale järgneb läbipaistev, läätsetaoline keha — silmalääts, mis täidab sama ülesannet nagu fotoaparaadi objektiiv. Silma põhi on kaetud võrkkestaga, mis kujutab enesest nägemisnärvi lõppude peenimat hargnemist.

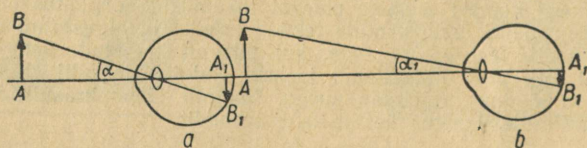
Ruum sarv- ja vikerkesta vahel on täidetud vedelikuga, silmaläätse taga aga läbipaistva klaaskehaga.

Silmalääts annab võrkkestal silma ees olevaist esemest tõelise vähendatud kujutise. Neis võrkkesta kohtades, kus tekib kujutis, langeb närvi lõppudele valgus, mis neid ärritab. See ärritus antakse nägemisnärvi poolt peaaugusse ja inimene saab nägemisaistingu.

Joonisel 133 on skemaatiliselt näidatud eseme kujutise tekki- mine silmas — võrkkestal. Me näeme, mida lähemal on ese silmale, seda suurem on ta kujutis võrkkestal. Järelikult, mida suuremat hulka närvide otsakesi ärritatakse, seda paremini näeme eset.

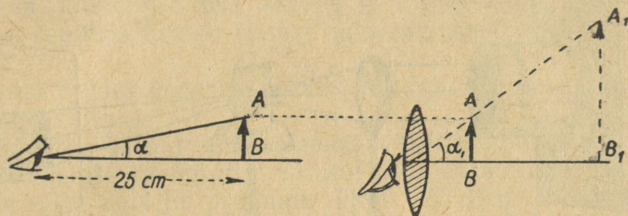
Mida lähemal on ese silmale, seda suurem on nurk — nägemisnurk (α), mille all eset näeme. Kui nägemisnurk on väga väike, väiksem kui 1 kaareminut, siis liituvad silma jaoks kaks kõrvuti olevat punkti üheks, silm ei suuda neid eraldada. Järelikult, mida kaugemal on mingi ese silmast, seda väiksemana ta meile näib. Nähes kaugel meile tuntud esemeid, harjume nende näiva suuruse järgi hindama kaugust nendeni.

Et abistada meie silma väga kaugete või väga väikeste ese-



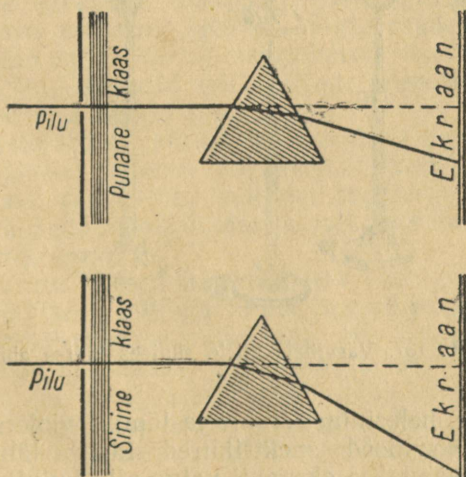
Joon. 133. Nägemisnurk.

mete vaatlemisel, selleks kasutatakse mitmesuguseid optilisi riistu, mille ülesandeks on suurendada nägemisnurka. Joonisel 134 on näidatud luubi kasutamine. Vaadeldav ese AB on parema nägemise kaugusel, s. o. 25 sentimeetri kaugusel, nähtav nurgas α . Luubi abil näeme selsamal parema nägemise kaugusel eseme kujutist A_1B_1 , kuid nägemisnurgas α_1 , mis on suurem kui α .



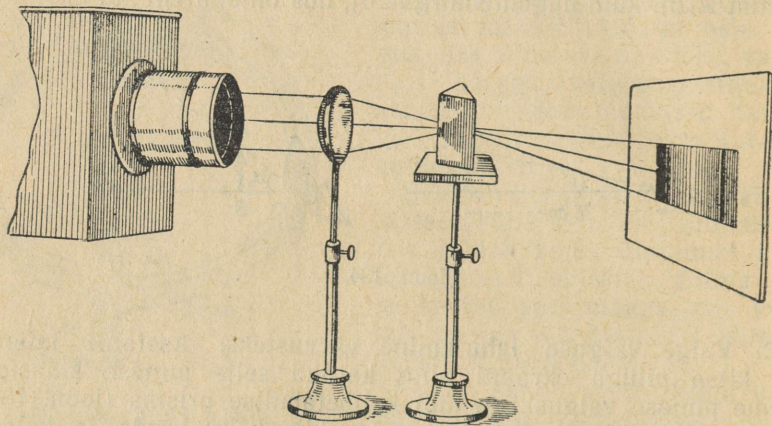
Joon. 134.

92. Valge valguse lahutamine värvusteks. Asetame laterna ette kitsa piluga ekraani ning katnud selle punase klaasiga, laseme punase valguskiire läbi kolmetahulise prisma (joon. 135). Minnes läbi prisma, murdub valguskiir kaks korda ja kaldub mõlemal korral aluse poole. Ekraanil saame punase värvusega kujutise pilust. Märgime ära selle kujutise asendi ekraanil. Asendame punase klaasi sinisega. Nüüd saame ekraanil pilust sinise kujutise, kuid mitte samas kohas, kus oli punane kujutis, vaid mõnevõrra madalamal. Siit peame järeldama, et mitmesuguse värvusega kiired murduvad prisma erinevalt — ühed rohkem, teised vähem.

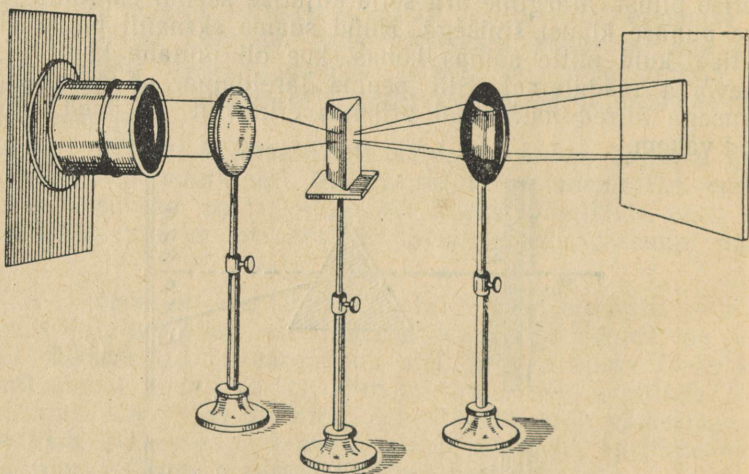


Joon. 135. Punase ja sinise kiire läbimine kolmetahulisest prismast.

Laseme prismale läbi kitsa pilu kimbu päikesevalgust või kimbu kiiri projektsioonilaternast. Juhtinud prismast läbiläinud kimbu ekraanile, näeme ekraanil laia, mitmevärvuselise riba KF (joon. 136). Värvused on selles ribas asetatud vasakult paremale järjekorras: punane riba, sellele järgneb oranž, siis



Joon. 136. Spektri saamine prisma abil.



Joon. 137. Värviliste kiirte süntees läätse abil.

kollane, roheline, helesinine, sinine ja lõpuks violetne. Kui prisma abil saadud värvilised spektrikiired lasta läbi kumerläätsel (joon. 137), siis saadakse ekraanil valge pilu kujutis.

Tähendab, valge valguse kiir on liitkiir; minnes läbi prisma, laguneb ta mitmesuguse värvusega kiirteks.

Mitmevärvuseliste valguste riba, mis saadi ekraanil, nimetatakse spektriiks¹, valguse lagunemisahtust ennast aga dispersiooniks.

Sellist valguse dispersiooni näeme looduses vikerkaare kujul; prisma osa etendavad siin vihmapiisad.

Loetledes spektri värvusteribakesi, nimetasime seitset värvust. Tegelikult on ühelt värvuselt teisele üleminek katkestamatu: on raske öelda, kus lõpeb üks värvus ja algab teine. Iga väga kitsas ribake spektris erineb teisest samasugusest naabruses olevast ribakesest.

Täpsemalt öeldes koosneb spekter hulgast mitmesuguste varjunditega värvustest.

Kui vaadelda läbi prisma kitsast värvilist pabeririba, mis on kleebitud mustale kartongile, või kui teha ekraanisse pilu ja lasta läbi selle pilu teisele prismale ühte värvilist spektriikiirt, siis võib täheldada, et värviline spektriikiir, murdudes teises prisma, muudeks värvilisteks kiirteks enam ei lagune.

93. Kehade värvused. Lastes läbi prisma valged kiired, asetame kiirte teele, mis väljuvad prismast, värvilise läbipaistva plaadi, näiteks punase. Saame ekraanil punase riba. Kui lasta prisma poolt lahutatud kiired läbi rohelise plaadi, siis saame ekraanil rohelise riba ja sel juhul kaovad kõik kiired, mida laskis läbi punane plaat.

Selle katse põhjal võib teha järelduse, et läbipaistva plaadi värvus on määratud teda läbivate spektri kiirtega. Valgustame valget paberilehte mitmesugust värvust kiirtega: näeme paberit kord punasena, kord sinisena, kord rohelisena, sõltuvalt kiire värvusest, mis langeb paberile ja peegeldub sealt. Tekitanud spektri valgele ekraanile, asetame sellele tükikese punast riidet; märkame, et see on must spektri kõigis osades, ainult spektri punane osa näib meile olevat valgustatud. See tähendab, et punane riide, millele langesid kõik kiired, peegeldas ainult punaseid, ülejäänud aga neelas ära.

See katse seletab, mispärast me värvitud pinda valge valgusega valgustamisel näeme värvilisena. Valge kiir, langedes värvitud pinnale, peegeldub, kaotades seejuures mõningaid kiiri. Peegeldunud kiired, moodustades ainult osa valgust kiirest, on värvilised kiired.

Iga keha värvus sõltub mitte üksnes tema pinna omadustest, vaid ka neist kiirtest, millega ta on valgustatud. Kui valgustada punast pabeririba rohelise valgusega, siis näeme riba mustana. See on ka täiesti arusaadav: punane pind neelab rohelised kiired ja ei peegelda mingisuguseid. Samal põhjusel omandavad heledohelised taimed päikese loojangu ajal musta varjundi. Samuti muudavad värvivarjundeid kunstlikus valguses kirjud riided.

¹ Ladinakeelne sõna *spectrum* tähendab kujutis.

Harjutus 35.

1. Miks punast paberit, mis on valgustatud valge valgusega, näeme punasena?
 2. Millistel tingimustel näeme valget paberit punasena?
 3. Millist keha nimetame valgeks? Millist keha nimetame mustaks?
 4. Miks valge keha näib rohelisena, kui seda vaadelda läbi rohelise klaasi?
-

ELEKTER.

XI peatükk.

ALGTEADMISI ELEKTRIST.

94. 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 miljoni-tele 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.

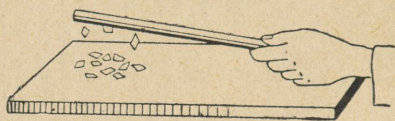
95. Elektriseerimine hõõrumise teel. Juba kauges minevikus pandi tähele, et villase riidega hõõrutud merivaigul¹ on võime külge tõmmata kergeid esemeid, näiteks õlekõrrekesi, paberitükikesi jne.

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

¹ Merivaik — möödunud geoloogilistel ajajärkudel kasvanud okaspuude vaik.

Paberitükikesi tõmbavad külge kaleviga hõõrutud kirjalakk (joon. 138), villa või karusnahaga hõõrutud eboniit ja siidiga hõõrutud klaaspulk. Isegi kuival, käega hõõrutud harilikul paberilehel on niisugune omadus.

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

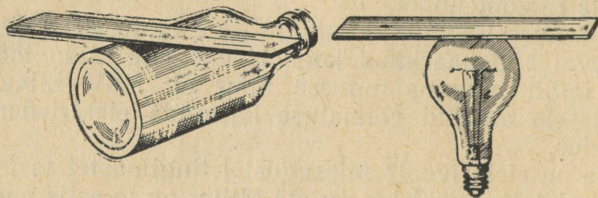


Joon. 138. Elektriseerimine hõõrumise teel.

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

Harjutus 36.

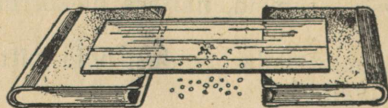
1. Pange lauale pudel ja asetage sellele tasakaalus joonlaud või pliiats. Pudeli asemel võib võtta elektrikiprni (joon. 139) või muu mis tahes sileda ümmarguse eseme, et ainult hõõrdumine oleks aluse ja joonlaua vahel võimalikult väike.



Joon. 139.

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

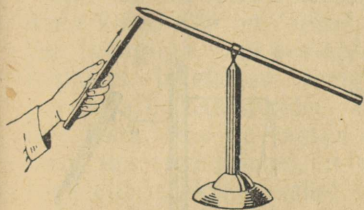
2. Võtke vihiksuurune klaasplaat, puhastage ning kuivatage ta. Siis pange ta kahe raamatu äärelle (joon. 140). Raamatute vahele lauale asetage hülsipaberi tükikesi (või ka ajalehepaberi tükikesi, tähtis on, et tükikesed oleksid võimalikult kerged). Hõõruge ülalt klaasi kuiva ajalehepaberi tombuga ja vaadeldge paberitükikeste «tantsu» klaasi all.



Joon. 140.

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

96. Elektri kaks liiki. Hõõrume kaht eboniitpulka kalevilapiga. Asetanud ühe pulga teravikule nii, et ta võiks pöörelda, lähendame sellele teise pulga (joon. 141). Me märkame, et elektriseeritud eboniitpulgad tõukuvad teineteisest eemale.



Joon. 141.

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.

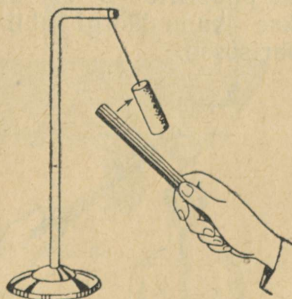
Mis kutsub esile sellise elektriseeritud kehade vastastikuse mõju erinevuse?

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.

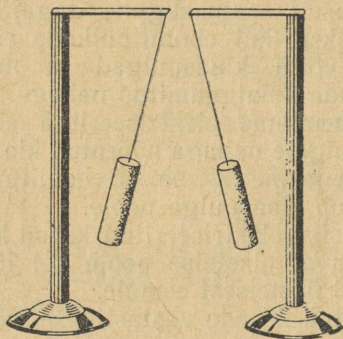


Joon. 142.

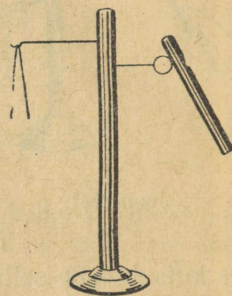
97. Elektroskoop. Lähendame elektriseeritud eboniitpulga paberist hülssile, mis ripub siidniidi otsas (joon. 142). Algul hülss läheneb pulgale, siis, puudutades seda, tõukub sellest eemale. Nähtavasti sai hülss pulka puudutades negatiivse laengu. Seda oletust võib tõestada, lähendades juba laetud hülssile elektriseeritud klaaspulga. Hülss, mis äsja tõukus eboniitpulgast eemale, tõmbub klaaspulga külge.

Laeme kaks hülssi, mis ripuvad siidniitide otsas, märgi poolest ühesuguste laengutega; selleks puudutame hülssi laetud eboniitpulgaga. Kui lähendame teineteisele niidid, mille otsas ripuvad hülssid, siis näeme, et need tõukuvad teineteisest eemale (joon. 143).

Metalltraadil, mis on kinnitatud eboniidist alusele, ripub kahekorra murtud hülspaberi riba (joon. 144).



Joon. 143.

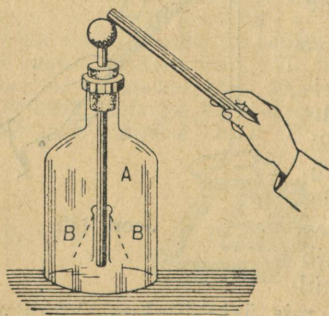


Joon. 144.

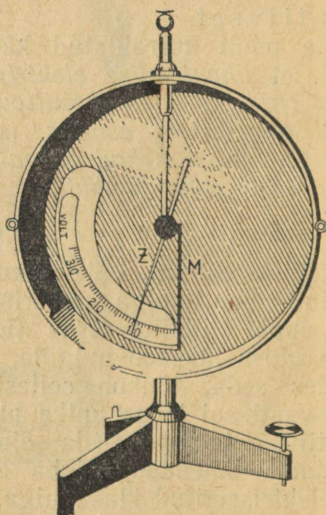
Kui puudutame traati elektriseeritud pulgaga, siis elektriseeruvad pabeririba mõlemad osad ühenimelise elektriga ja me näeme, et riba otsad eemalduvad teineteisest.

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

Joonisel 145 kujutatud elektrooskoop koosneb metallvardast A, millele on aasadega kinnitatud kaks pabeririba B. Varras paigutatakse kummikorgi abil klaasist ümbrisesse.



Joon. 145.



Joon. 146.

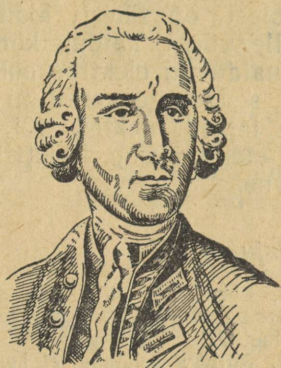
Kui laadida elektrooskoobi varrast, siis elektriseeruvad ka paberiribad. Elektriseeritud ribad, tõukudes teineteisest, eemalduvad väiksema või suurema nurga all.

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

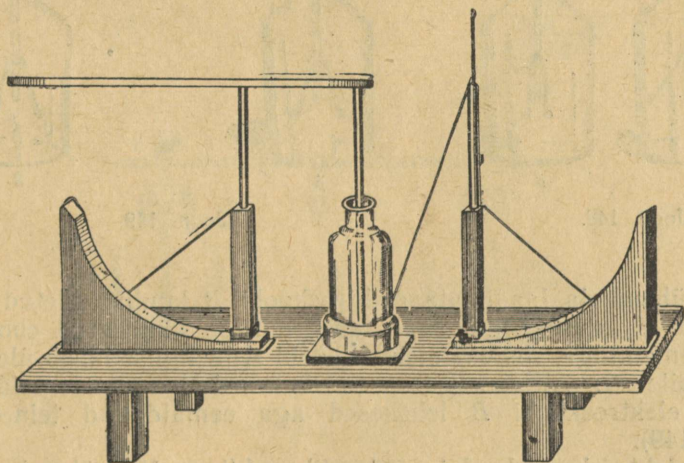
Nii võib elektrooskoobi abil kindlaks teha, millise elektriga on elektriseeritud üks või teine keha.

Elektrooskoobil, mis on kujutatud joonisel 146, 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. 147. Richmanni elektrooskoop.

Elektriliste nähtuste uurimiseks kasutas teaduses esimesena elektrooskoobe vene füüsik Richmann (Lomonosovi kaasaegne ja sõber). Richmanni elektrooskoop koosnes niidist, mis tõukub eemale elektriseeritud teljest (joon. 147).

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

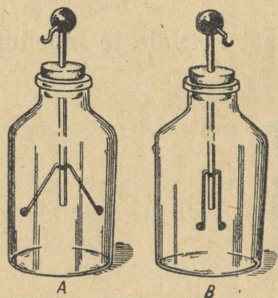
poolest, on täiesti loomulik oletada, et mida suurem on nurk, mille võrra kaldub kõrvale elektrooskoobi osuti (joon. 146) või eemalduvad elektrooskoobi lehekese (joon. 145) ta elektriseerumisel, seda tugevamini on ta elektriseeritud, tähendab, seda rohkem on temas elektrit või, nagu öeldakse, seda suurema laengu sai elektrooskoop. Elektri laeng võib olla nii positiivne kui ka negatiivne.

Harjutus 37.

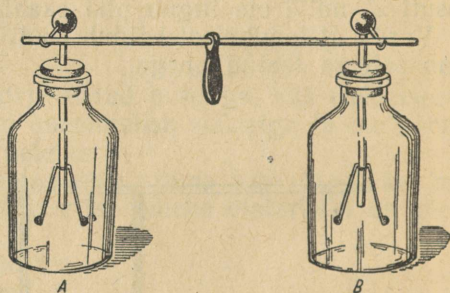
1. Peenikeste siidniitude otsa on riputatud kaks täiesti ühesugust leedrisäsist kuulikest, üks laetud, teine laadimata. Kuidas teha kindlaks, kumb kuulike on laetud?

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

98. Juhid ja isolaatorid. Laeme võimalikult tugevamini paberi lehekeselega elektrooskoobi ja lähendame sellele teise samasuguse, kuid laadimata elektrooskoobi (joon. 148).



Joon. 148.



Joon. 149.

Kui ühendada laadimata elektrooskoobi B kuulike laetud elektrooskoobi A kuulikesega traadi abil, mis on kinnitatud eboniidist käepideme külge, siis osa elektrooskoobi A laengust läheb üle elektrooskoobile B. Elektrooskoobi A lehekese langedavad veidi koomale, elektrooskoobi B lehekese aga eemalduvad teineteisest (joon. 149).

Kui elektrooskoopide A ja B kuulikesed (joon. 150) ühendada erinevaist materjalidest traatide ja plaadikeste abil, siis võib kindlaks teha, et mõningaid mööda neist, näiteks eboniitpulka või siidniiti mööda, laengud üle ei kandu.

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

¹ 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.

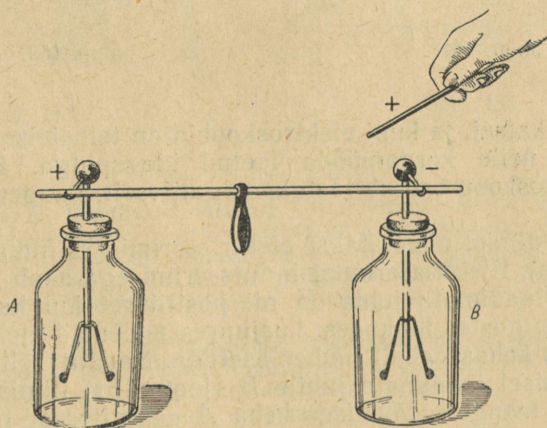
Harjutus 38.

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 elektrooskoop tühjeneb, kui tema kuulikest puudutada käega?

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

99. Elektriseerimine indutseerimisega. Laetud klaaspulga lähendamisel elektrooskoobile võib märgata, et veel enne, kui pulk puudutab elektrooskoopi, eemalduvad selle lehekeseid teineteisest.



Joon. 150.

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

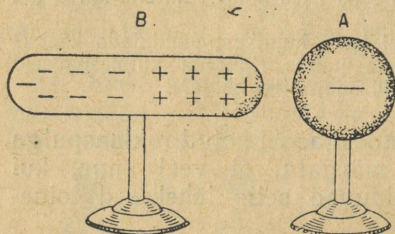
Selgitame, kuidas tekivad laengud elektrooskoobile ja kuidas nad kaovad. Ühendame kaks elektrooskoopi traaditükiga, mille keskel on eboniidist käepide. Lähendame (kuid ei puuduta) ühele elektrooskoobile elektriseeritud pulga. Mõlemad elektrooskoobid osutuvad laetuks (joon. 150). Kui eemaldada laetud pulk, kaotavad elektrooskoobid

bid laengu, mida nägime varem ka ühe elektrooskoobi juures. Kordame katset, kuid kui elektrooskoobid on saanud laengu, kõrvaldame neid ühendava traadi.

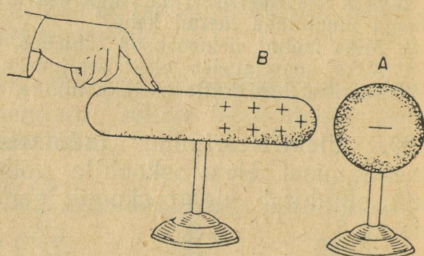
Nüüd jäävad laetud pulga eemaldamisel mõlemad elektrooskoobid laetuks. Ühendame elektrooskoobid traadiga — nad kaotavad laengu (lehekesed langevad alla).

Kuhu kadusid laengud elektrooskoopidest?

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



Joon. 151.



Joon. 152.

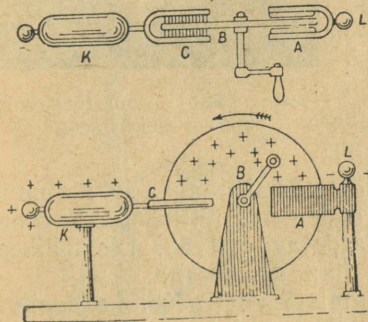
Kordame katset, ja kuni elektrooskoobid on teineteisest eraldatud, lähendame neile kordamööda laetud klaaspulga. Klaaspulgale lähim elektrooskoop osutub laetuks negatiivselt, kaugemal olev aga positiivselt.

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. 151) liiguvad viimases negatiivsed laengud, tõukudes keha A negatiivsest laengust juhi vastasotsale. Keha B üks ots elektriseerub positiivselt, teine — negatiivselt.

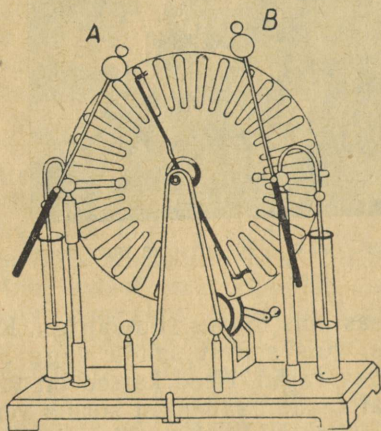
Kui eemaldada keha A, siis kehas B ümberasetunud negatiivsed laengud tõmmatakse uuesti positiivselt laetud osade poole ja meie ei märka enam juhil B laengut. Kui keha A uuesti lähendada kehale B ja ühendada keha B maaga, puudutades kas või sõrmega keha B-d, siis negatiivsed laengud, püüdes kehast A tõukuda võimalikult kaugemale, lähevad maasse (joon. 152). 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.

100. Elektrimasin. Suurte elektrilaengute saamiseks kasutatakse spetsiaalseid riistu. Üheks selliseks, ehituselt lihtsaimaks riistaks on «hõõrdumiselektrimasin» (joon. 153). See koosneb klaaskettast *B*, mis käepideme abil teljel pöörlema pannakse, ja kahest nahkpadjakesest *A*. Pöörlemisel hõõrduvad vastu padjakesi ja elektriseerub positiivselt, padjakesed aga ja nendega ühendatud konduktor (juht) *L* elektriseeruvad negatiivselt.



Joon. 153.



Joon. 154.

Klaasketas liigub pöörlemisel metallkähvli *C* teravike vahel, mis on ühendatud konduktoriga *K*. Positiivsed laengud kettal elektriseerivad indutseerimise teel konduktori *K* positiivselt, kähvli *C* teravikud aga negatiivselt. Kähvli 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. 154).

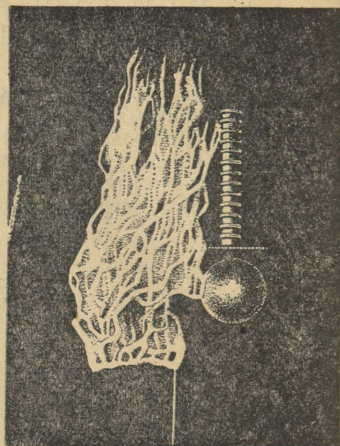
Kui masina töötamise ajal lähendada teineteisele teatud kaugusel kuulikesed *A* ja *B* (joon. 154), millele kogunevad vastasmärgilised laengud, siis võib nende vahel toimuda laengutühjendus, tekib elektrisäde. Säde tekkimisega kaasneb iseloomulik, mõnikord väga tugev ragin.

101. 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, Lomonosov ja Richmann. Nimetatud teadlaste töödega tõestati, et välg pole midagi muud kui elektrisäde, sarnane sellele sädele, 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 nõöri



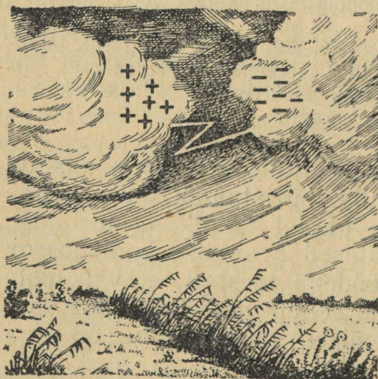
Joon. 154 a. Välg pilve ja maa vahel.



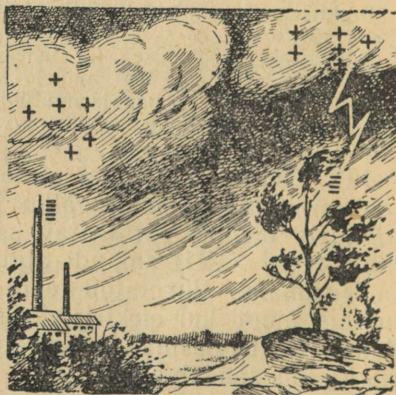
Joon. 154 b. Laboratooriumis saadud elektrilaeng.

otsas, mis lõppes siidnõoriga. Kui nõör märjaks sai ja juhiks muutus, võis sellest saada väga suuri sädemeid, milledega kaasnes tugev ragin. Need katsed on väga kardetavad. 1753. a. sai äikese ajal saadud sädemest surma vene õpetlane Richmann.

Välgu tekkimist võib seletada järgmisel viisil. Kui kaks pilve, mis on laetud isenimelise elektriga, lähenevad teineteisele teatud kaugusele, siis toimub nende vahel laengutühjendus — välg, mida saadab ragin — müristamine (joon. 155). 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 —



Joon. 155. Pilvedevaheline välg.

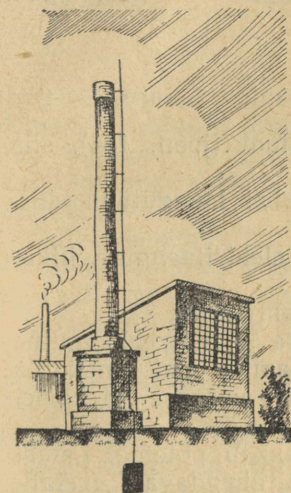


Joon. 156. Välg lõi puusse.

võib tekkida mitte ainult kahe pilve vahel, vaid ka pilvede ja maa vahel (joon. 156).

Kui näiteks positiivse elektriga 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 välku.

Kuju poolest on välke väga mitmesuguseid: sirgete kitsaste ribade näol, siksakiliste ribadena ja helendava kera kujul; viimased lõhkevad kõrvulukustava müraga. Välk, mis läbibistab puu, pilbastab selle ja sageli söestab. Kui välk läbibistab metalle, siis ta sulatab need. Sattudes liivasse, välk sulatab seda, moodustades omapärase kujuga torukesi, mida rahvas nimetab piksenoolteks (fulguriidid).



Joon. 157. Piksevarras.

102. Piksevarras. Et kaitsta hooneid välgu purustava toime eest, seatakse üles piksevardad. Lihtsamakujuline piksevarras kujutab endast teravaotsalist metallvarba, mis pannakse hoonete katusele (joon. 157). Metallvarb ühendatakse väga heade elektrijuhtide abil maja kõigi metallosadega, nagu plekk-katusega, veetoru-dega ja samuti ka maaga pinnase niiskeisse kihtidesse kaevatud vaskplaadi abil. Laetud pilve poolt piksevarda teravikule tõmmatud elekter voolab õhku. Kui pikne «löökski» piksevardasse, siis pilve elekter läheb juhte 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.

XII peatükk.

ELEKTRIVOOL.

103. Elektrivool. Kui vändata elektrimasinat (joon. 154), siis kogunevad kuulikestele *A* ja *B* laengud.

Kuulikeste lähendamisel toimub nende vahel laengutühjendus, tekib elektrisäde.

Elektrilaengu tühjendus kujutab enesest elektrilaengute liikumist — elektrivoolu.

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 patareii.

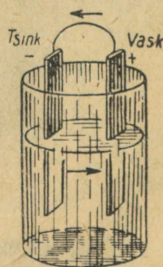
Lambi niidikeses muundub elektrienergia soojuseks ja valguseks.

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

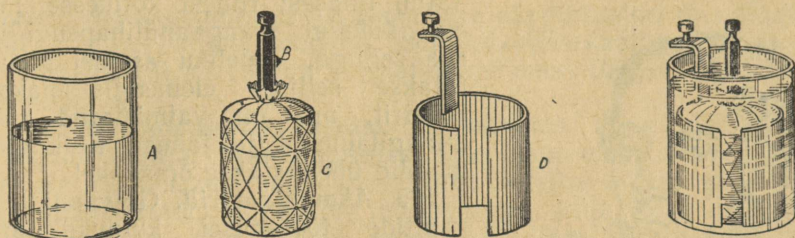
104. Galvaani elemendid. Esimesteks praktilisteks töötavateks vooluallikateks olid galvaani elemendid. Galvaani elementide ehitus on väga lihtne. Kõik nad koosnevad põhiliselt kahest erisugusest juhust, mida nimetatakse elektrootodideks ja mis on asetatud happe-, aluse- või soolalahusesse. Elektrienergia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

Esimese galvaani elemendi leiutas itaalia füüsik Volta XIX sajandil.

Joonisel 158 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. 158.
Volta element.



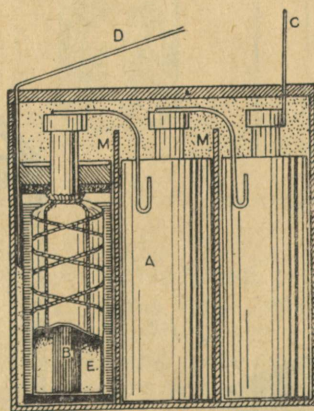
Joon. 159.

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 joonisel 159 kujutatud element. See element koosneb tsinksilindrist *D* ja söest varvast *B*, mis on paigutatud mangaanülihapendit sisaldavasse kotikesse *C*. Kõik see on paigutatud purki *A*, millesse valatakse salmiaagi vesilahus. Positiivseks pooluseks on siin süsi, negatiivseks tsink.

Joonisel 160 on kujutatud taskulambipatarei läbilõige. Ta koosneb kolmest elemendist. Negatiivseks elektroodiks igas elemendis on tsinksilindrike, positiivseks aga süsivarb. Süsivarb on paigu-



Joon. 160. Taskulambipatarei.

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



Volta (1745—1827).

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

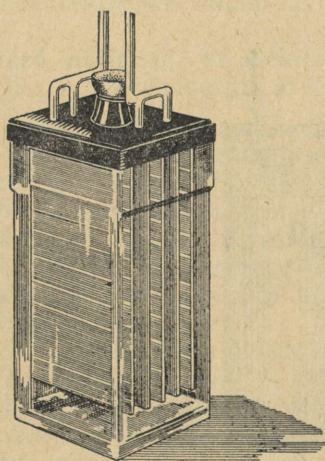
105. Akumulaatorid. Galvaani elementide töötamisel kuluvad ära eläktroodid ja lahus. Teatud aja möödumisel tuleb need asendada uutega. Tunduvalt paremad selles ja mitmes muus suhtes on akumulaatorid.

Akumulaatori lihtsaim mudel koosneb kahest väävelhappe lahusesse asetatud seatinaplaadikesest. Ehitanud seesuguse mudeli ning proovinud ta tegevust kas või elektri-

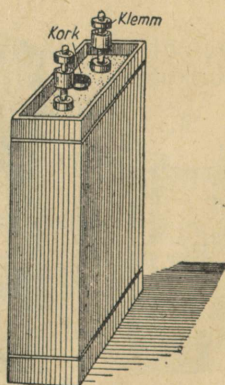
kõlisti juures, võime veenduda, et see akumulaator voolu ei anna — kell ei helise.

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-



Joon. 161.
Seatina-akumulaator.



Joon. 162.
Raudnikkel-akumulaator.

takse, leelis-akumulaatoreid. Seesuguse akumulaatori üks plaat on rauast, teine niklist. Need on asetatud sööbekaaliumi lahusesse. Joonistel 161 ja 162 on kujutatud mõlemat tüüpi akumulaatori väline kuju.

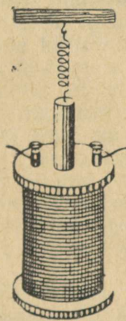
106. Akumulaatorite kasutamine tehnikas. Sõna akumulaator tähendab koguaja. Akumulaatorisse kogutakse olemasoleva elektrienergia tagavarad, muundades need keemiliseks energiaks, mis akumulaatori töötamise ajal muundatakse jälle elektrienergiaks.

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

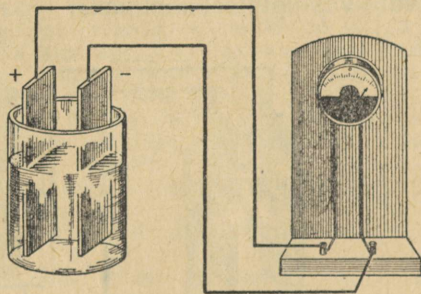
Akumulaatorid leiavad kõige mitmekesisemat ning laialdast kasutamist. Nii näiteks annavad nad voolu raudteevagunite valgustamiseks rongi peatuse ajal, millal rongi dünamomasinad ei tööta. Akumulaatorite patareid annavad voolu mootoreile, mis panevad liikuma allveelaevu nende allveesõidu ajal. Akumulaatorid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

107. 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. 163.



Joon. 164.

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.

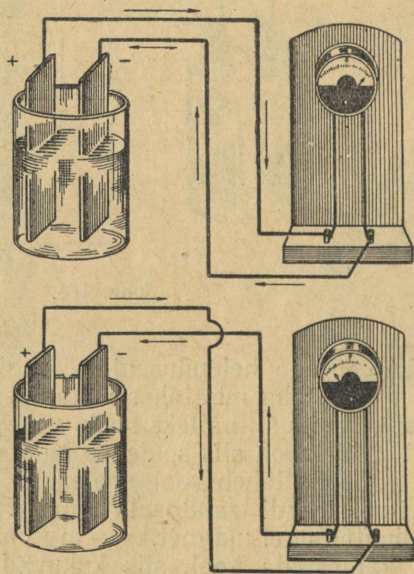
Voolu magnetilist toimet võib näidata ka järgmise katsega. Asetagem traatpooli sisse tükk rauda, mis on riputatud vedru külge. Kui poolis voolu ei ole, on rauatükk liikumatu. Poolist voolu läbilaskmisel tõmbub rauatükk (südamik) pooli sisemusse (joon. 163). Soojeneva traadiga või poolisse tõmbuva südamikuga riistad võivad olla voolu olemasolu näitajaks juhis.

Selliseid riistu, mis näitavad voolu olemasolu ning mõõdavad selle suurust, nimetatakse galvanomeetriteks. Joonisel 164 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 — elektrodid, mis on ühendatud vooluallikaga. Võtnud mõne minuti pärast plaadikesed lahusest välja, näeme, et ühele neist on ilmunud punakas vasekiht, mis on eraldunud vasevitriolist. Vase eraldumine lahuses osutab keemilistele nähtustele lahuses, kui teda läbib vool.

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

108. Voolu suund. Võtame volta elemendi ja galvanomeetri, mille nulljaotus on skaala keskel. Ühendame elemendi positiivse pooluse galvanomeetri vasakpoolse klemmiga (joon. 165), 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. 165. Voolu suund vooluringis.

Galvanomeetri osuti kaldumine vastupidises suunas on seletatav voolu suuna muutmisega 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 juhisis hakkasid liikuma positiivsed laengud, s. o. allika positiivse pooluse poolt negatiivse pooluse poole.

Harjutus 39.

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

2. Ühendage oma galvanomeeter oma elemendi poolustega ja pange tähele, 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.

109. Elektrivooluring. 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 juhtimiseseade — nupp, mis annab võimaluse lülida voolu vooluringi või sealt välja ja järelikult võimaldab anda elemendilt energiat kõlistile.

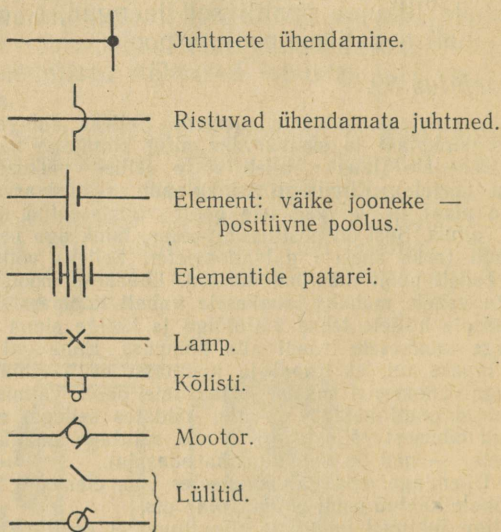
Taskulambipatarei vooluringist leiame samuti:

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

Elektritrammi vooluringis on generaatoriks dünamomasin elektrijaamas, tarvitajaks — trammi mootor. Energiat antakse siin ülemise juhtme ja looga abil, teiseks juhtmeks on roopad. Juhtimiseseade on trammi esiosas. Märgime ära, et trammi vooluringi juhtimiseseade annab võimaluse mitte ainult voolu sisse- ja väljalülimiseks, vaid ka voolu nõrgendamiseks ja tugevdamiseks.

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

Seadiste skeemide joonestamisel kasutatakse erimärke, mis on kujutatud joonisel 165 a.



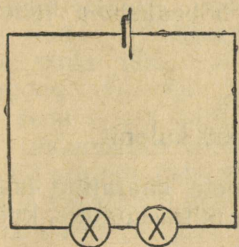
Joon. 165 a. Elektriskeemidel kasutatavaid tingimärke.

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

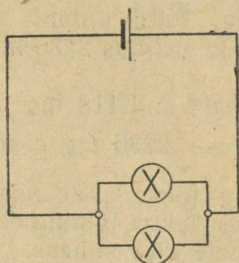
Me võime neid vooluringi lülida nii, et üks lamp järgneb vahetult teisele (joon. 166). Sellist lülimist nimetatakse järjestikuseks lülimiseks.

Kuid neid kahte lampi võib lülitada vooluringi ka teisiti. Teeme vooluringi mingis punktis hargnemise, mis koosneb kahest harust, ja kummassegi harusse lülime ühe lambi (joon. 167). Seesugust lülimist nimetatakse paralleelseks lülimiseks.

Nagu skeemist nähtub (joon. 166), läheb järjestikuses lülimises



Joon. 166. Kahe lambi järjestikune lülitus.



Joon. 167. 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 lüüda, siis teine lamp jätkab põlemist, sest vooluring on katkestamata.

Praktikas kasutatakse nii ühte kui ka teist lülitamisviisi.

Harjutus 40.

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 portselanist?
4. Miks korrasolev elektrikölisti ei helise, kui ei vajutata nupule?
5. Joonestada taskulambi vooluringi ühenduste skeemi.
6. Joonestada ühe nupuga elektrikölisti vooluringi skeem.
7. Joonestada vooluringi skeem kahe nupuga elektrikölisti jaoks, mille abil saab kõlistada kahest toast.
8. Joonestada vooluringi skeem, mis koosneb elektrilambist ja vooluallikast, näidates selles skeemis noolega voolu suunda.

111. 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 pikaaegsel läbimisel võib saada sõel 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 lahust, 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 elektriläbimiseks eraldub, on mitmesugune, kuid igale antud ainele jääb suurus.

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

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

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

Järelkult, elektrivoolu toime sõltub voolutugevusest vooluringis.

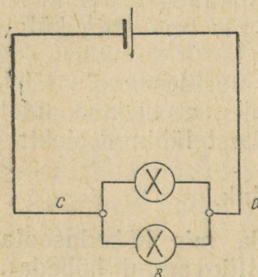
113. Voolutugevuse ühik. Voolutugevuse ühikuks võetakse 1 amper — sellise voolu tugevus, mille puhul 1 sekundis läbib juhi ristlõiget 1 kulon elektrit.

Järelkult, kui voolutugevus vooluringis võrdub näiteks 5 ampriga, 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, — milliamprit.

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

Voolutugevuse ühik amper on tuletatud prantsuse teadlase Ampère'i (l.: ampäär) nimest, kes on kuulsaks saanud paljude avastuste tõttu elektrilise alal.



Joon. 168.

Harjutus 41.

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

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

3. Läbi lambi A (joon. 168) 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?

114. Ampermeeter. Voolutugevuse mõõtmiseks kasutatakse spetsiaalset riista — ampermeetrit. Mõnedes ampermeetrites tõmbub poolisse, mida mööda läheb vool, raudsüdamik (joon. 163). 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 pöördub ampermeetri osuti, mis on ühendatud pikeneva traadiga (joon. 169). Tehnikas kasutatakse mitmesuguse ehitusega ampermeetreid. Enamikul juhtudel on ampermeetritel väljastpoolt näha vaid skaala ja osuti (joon. 170). 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 lülida, sest vastasel korral ta võib rikneda.

115. Laboratoorne töö nr. 6. Töö eesmärk — uurida voolutugevust vooluringi mitmesugustes osades.

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

Tööjuhend.

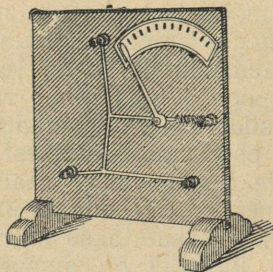
Antud riistade abil koostage vooluring, seades riistu soovi kohaselt järjekorda, hoolitsedes vaid selle eest, et riistad oleksid ühendatud järjestikku. Selline vooluring on kujutatud joonisel 171.

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

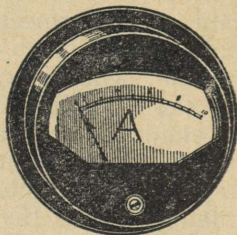
Järjestikku ühendatud juhtide mitmesse kohta lülitatud ampermeeter näitab üht ja sama voolutugevust, millest me saame järeldada, et järjestikku ühendatud vooluringi igas osas on voolutugevus ühesugune.



Ampère (1775—1836).



Joon. 169.
Soojusampermeeter.



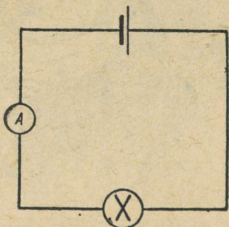
Joon. 170. Ampermeeter.

Harjutus 42.

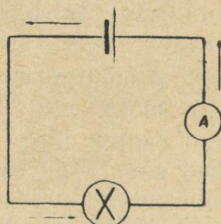
1. Ampermeeter on lülitatud vooluringi kord nii, nagu näidatud joonisel 171. Ta näitab 0,1 amprit. Teine kord lülitakse ta samasse vooluringi nii, nagu näidatud joonisel 172. Kui palju näitab ampermeeter teisel juhul?

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, näitab 0,1 amprit, ampermeeter aga, mis mõõdab voolu juhtmes, 0,15 amprit. Milline vool läbib teist lampi?



Joon. 171. Ampermeetri
lülitamine vooluringi.



Joon. 172.

116. 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.

117. Takistuse ühik. Takistuse ühikuks võetakse takistus, mis on 106,3 cm pikkusega ja 1 mm² ristlõikega elavhõbedasambal 0°C puhul.

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

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

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

118. 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 sisselülitud traaditüki pooliga, millele on mähitud 5 m täpselt samasugust traati, -- vool väheneb peaaegu 5 korda. Lüüdnud sisse 10-meetrise pooli täpselt samasuguse traadiga, saame peaaegu 10-kordse voolutugevuse vähenemise, võrreldes esimese katsega. Järelikult traadi takistus suureneb traadi pikkuse suurenemisega.

Asendanud katseks võetud nikeliintraadi samasuguse, kuid peenema traadiga, näeme, et 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:

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

kus koefitsienti ρ , mis kuulub valemisse, nimetatakse eritakistuseks. *Eritakistus on antud ainest samba takistus oomides, kui samba pikkus on 1 m ja ristlõike pindala 1 mm².*

Eritakistuste tabel
(oomides 1 m pikkuse ja 1 mm 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 sõe eritakistus.

Harjutus 43.

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. Ühe traadi ristlõike pindala on $0,2 \text{ cm}^2$, teisel aga 4 mm^2 . Kumma traadi takistus on suurem ja mitu korda? Mispärast?

3. On kaks ühesugusest materjalist traati. Ühe traadi pikkus on 5 m , teisel aga $0,5 \text{ m}$; esimese traadi ristlõike pindala on $0,15 \text{ cm}^2$, teisel 3 mm^2 . Kumma traadi takistus on suurem ja mitu korda?

4. On kaks ühesuguse pikkusega alumiiniumtraati, kuid erineva ristlõike pindalaga. Esimese ristlõike pindala on $0,1 \text{ cm}^2$, teisel aga 2 mm^2 . 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 valemit kasutamata, kui suur takistus on 20 m pikkusel ja 1 mm^2 ristlõike pindalaga alumiiniumjuhtmel.

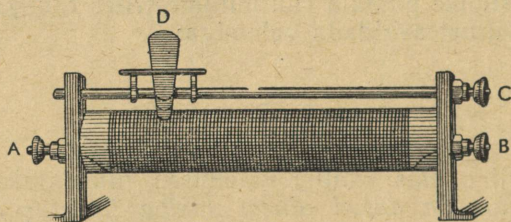
7. Arvutage peast nikeliintraadi takistus, mille pikkus on 1 m ja ristlõike pindala $0,1 \text{ mm}^2$.

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

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

119. Reostaadid. Riistu, mille abil saab takistuse muutmisega reguleerida voolutugevust vooluringis, nimetatakse reostaadideks.

Üks reostaadi liike on kujutatud joonisel 173. Suure eritakistusega metallist traat on keritud silindrile, mis on valmistatud isoleerainest, ning traadi otstele on kinnitatud klemmid *A* ja *B* (joon. 173). Silindri kohal ülal on metallvarvale kinnitatud liikuv



Joon. 173. Liikuva kontaktiga reostaat.

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

Teine liik — väntreostaat, mis koosneb reast raudtraatspiraalidest, on kujutatud skemaatiliselt joon. 174. 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 174, läheb vool, minnes sisse esimesest kontaktist, läbi nelja traatspiraali ning käepideme ja väljub klemmi *B* kaudu.

Harjutus 44.

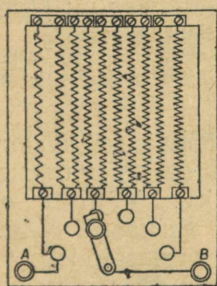
1. Oletame, et joonisel 174 kujutatud iga spiraali takistus on 2 oomi. Mitu oomi on viidud vooluringi käepideme selles asendis, mis on näidatud joonisel? Kuhu on vaja nihutada käepide, et viia vooluringi 16 oomi?

2. Vooluringi (joon. 175) on lülitud liikuva kontaktiga reostaat. Näidake nooltega, kuidas liigub vool reostaadis. Kuhu tuleb nihutada kontakt, et vähendada voolutugevust vooluringis?

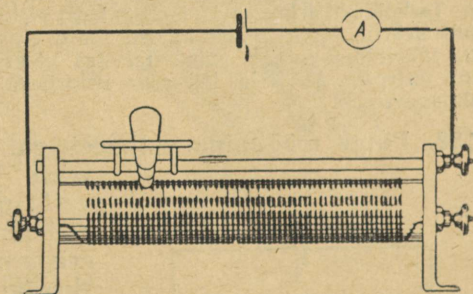
3. Koostage vooluring elektrilambist, patareist ja reostaadist, ühendades need järjestikku. Kuidas mõjub reostaadi sisselülitatud osa takistuse muutmine lambivalgustuse heledusele?

120. Pinge. Vaatleme vooluringi, mis koosneb järjestikku ühendatud vooluallikast, juhtmetest ja elektrilambist. Voolutugevus on selle vooluringi kõigis osades ühesugune ja järelikult on elektrihulk, mis voolab ühel ja samal ajal juhtmeid ja lambiniidikest mööda, ühesugune. Kuid energia hulk, mis eraldub selle vooluringi üksikutes osades, on erinev. Ja selles pole raske veenduda. Puudutame käega juhtmeid, mis juhivad voolu lambisse — nad on külmad, samal ajal aga lambi niidike on hõõgav. 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. 174. Väntreostaat.



Joon. 175.

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.

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

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

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

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

Toome näiteid mõningaist 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.

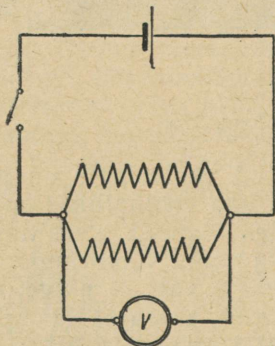
Harjutus 45.

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

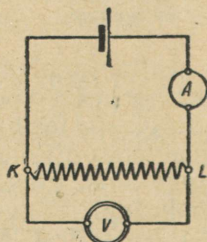
2. Taskulambipirnikesel läbis 5 kulonit elektrit, kusjuures patarei kulutas 20 džauli elektrienergiat. Määrata, kui suure pinge annab taskulambipatarei.

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

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



Joon. 176. Voltmeetri vooluringi lülitamise skeem.



Joon. 177.

Vooluringi kahe punkti vahelise pinge mõõtmiseks lülitakse voltmeeter nii, nagu see on näidatud joonisel 176. Sellist lülimist nimetatakse paralleelseks.

Joonisel 177 on näidatud elektrivoolu ring, millesse on lülitatud ampermeeter vooluringi voolutugevuse mõõtmiseks ja voltmeeter, millega mõõdetakse pinget punktide *K* ja *L* vahel.

Harjutus 46.

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?

123. Ohmi seadus. Kui vooluringi, mis koosneb lambist ja ampermeetrist, lülida üks suur galvaani element, siis võib märkida, 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 pinget märksa suurem.

Tähendab, voolutugevus juhis suureneb pinget suurenemisega juhi otstes.

Lüüdinud 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, pinget 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:

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

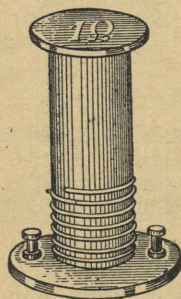
Me juba nägime, et teades juhi pikkust, ristlõiget ja materjali, võime arvutada ta takistuse.



G. Ohm (1787—1854).

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

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



Joon. 178.
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 177 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. 178), 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 definitiooni:

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 definitiooni.

Arutleme nii:

1-voldine pinget tekitab 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.

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

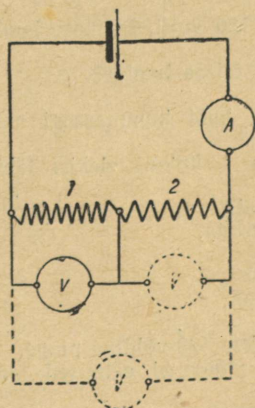
$R = 4$ oomi.

Harjutus 47.

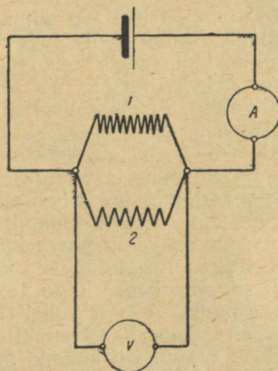
1. Lahendage näited 2 ja 3, arutledes nagu esimese näite lahendamisel.
2. Vooluringi lülitatud ampermeeter näitab voolutugevust 1,8 amprit. Kas ampermeeter näitab õigesti, kui kontrollitud voltmeeter näitab 1,4-oomise takistusega juhtme otstes pinget 2,5 volti?
3. Määrata trammivaguni mootori mähise 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 nikeliintraadi külge, takistusega 2,5 oomi, kui vooluringi lülitatud ampermeeter näitas voolutugevust 1,2 amprit?
8. 100 sentimeetri pikkusele ja 1 mm² ristlõikega elavhõbedasambale anti 1-voldine pinge. Määrake voolutugevus. Püüdke vastata, miks takistuse ühikuks on võetud elavhõbedasamba pikkus mitte 100 cm, vaid 106,3 cm.

124. Laboratoorne töö nr. 7. Töö eesmärk — takistuse mõõtmine vooluringi lõigus.

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



Joon. 179.



Joon. 180.

Tööjuhend.

1. Ühendanud järjestikku (joon. 179) vooluallika, mõlemad mõõdetavad takistused 1 ja 2 ja ampermeetri, ühendage voltmeeter paralleelselt takistuse 1 klemmidega. Sisse lüüdnud 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. Ühendage mõõdetavad takistused paralleelselt ja lülige need vooluringi skeemi järgi, mis on kujutatud joonisel 180. Määrake voolutugevus vooluringis ja pinge paralleelselt ühendatud takistuste klemmides ning arvutage nende üldine takistus.

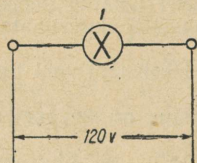
Harjutus 48.

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

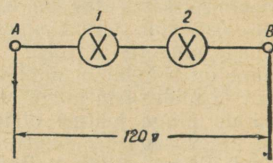
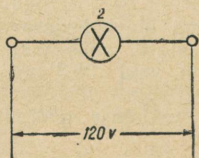
2. Kas kahe paralleelselt ühendatud juhtme ühine takistus on väiksem või suurem nende takistuste summast?

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

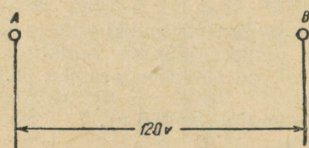
4. Kaks traati — raud- ja vasktraat ühesuguse pikkuse ja ühesuguse



Joon. 181.



Joon. 182.



Joon. 183.

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

5. Kaks hõõglampi on lülitatud võrku pingega 120 volti. Esimese lambi takistus on 480 oomi, teisel 120 oomi. (Joon. 181.)

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

b) Milline lamp põleb heledamalt?

6. Samad kaks lampi, mis olid ülendases 5, kuid kummassegi neist juhitakse 120-voldise pingega vool nii nagu joon. 182.

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

b) Kummas lambis tarvitatakse rohkem energiat?

c) Kummas 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. 183) 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?

VASTUSEID HARJUTUSTELE.

- | | |
|--|---|
| <p>§ 1. 2) 500 kGm.
 3) $1 \frac{m}{sek}$.
 4) 750 kGm.</p> <p>§ 2. 1) Esimene.
 2) $225 \frac{kGm}{sek}$.
 4) $5000 \frac{kGm}{sek}$.
 5) 100 hj.</p> <p>§ 3. 2) Ei suuda.</p> <p>§ 4. 1) Oma keha poole kaaluga.
 2) 50 kG; 25 kG; 50 kG.</p> <p>§ 5. 4) Võib.</p> <p>§ 9. 2) 2,4 kG.</p> <p>§ 11. 1) 60 kGm; 3 kG.
 2) 40 kG.</p> <p>§ 38. 2) 5500 cal.
 3) 400 g.
 4) Kuni 22°.
 5) 18°.
 6) 3 000 000 kcal.
 7) 125 kg.</p> <p>§ 42. 2) 87,3 kcal.
 3) 18 000 kcal.
 4) 411,8 kcal.
 5) 5,4°.</p> <p>§ 43. 1) 120 000 kcal; 1440 kcal.</p> | <p>2) 12 kg.
 3) 36°.</p> <p>§ 45. 1) 40%.
 2) 44%.
 3) 77,3 g.</p> <p>§ 49. 1) 320 kcal.
 2) 289 kcal.</p> <p>§ 50. 3) 10 000 kcal.
 4) 2,5 kg.
 6) 112,5 g.</p> <p>§ 56. 3) 80,85 kcal.
 4) 3195 kcal.
 5) 639 kcal.
 6) 163 g.</p> <p>§ 63. 2) 2 kcal.
 3) 2135 kGm.
 4) 0,09°.
 5) 3,9°.</p> <p>§ 65. 3) 632 kcal.</p> <p>§ 113. 1) 0,6 kulonit.
 2) 2 A.
 3) 0,5 A; 0,2 A.</p> <p>§ 118. 8) umbes 3,8 mm².
 9) umbes 0,26 oomi.</p> <p>§ 121. 1) 120 V.
 2) 4 V.
 3) 15 kulonit; 0,5 A.</p> |
|--|---|

SISUKORD

I OSA

ALGTEADMISI MEHHAANIKAST (JÄRG)

I peatükk. Töö ja energia. Mehhanismid

1. Töö	3
2. Võimsus	4
3. Liikumatu plokk	6
4. Liikuv plokk	7
5. Polüspast	9
6. Kang	10
7. Kangi tasakaalu tingimused	12
8. Kas kangi kasutamisel võidame töös?	14
9. Pöör	16
10. Mehhaanika põhireegel	18
11. Kaldpind	18
12. Kasutegur	20
13. Laboratoorne töö nr. 1	21
14. Energia	21
15. Energia jäävuse ja muundumise seadus	22
16. Igavene jõumasin	24

II OSA

MOLEKULAARFUUSIKA JA SOOJUS

II peatükk. Aine molekulaarne ehitus

17. Aine ehitus	26
18. Molekulidevaheline külgetõmme	27
19. Molekulide liikumine	28
20. M. V. Lomonossov	29
21. Browni liikumine	29

III peatükk. Kehade soojuspaisumine

22. Sissejuhatus	31
23. Ohu paisumine soojenemisel	31
24. Vedelikkude paisumine soojenemisel	32
25. Tahkete kehade paisumine soojenemisel	33
26. Temperatuur	35
27. Termomeetri ehitus	35
28. Meditsiiniline termomeeter	38
29. Kehade soojuspaisumise suuruse hinnang	38

IV peatükk. Soojuse levimine

30. Soojuse levimine	41
31. Konvektsioon	42
32. Millest tekib tõmbus	43
33. Vesikeskküte	43
34. Kuidas tekib tuul	44
35. Soojusejuhtivus	44
36. Vee soojuspaisumise iseärasus	46
37. Kiirgamine	47
38. Termos	48

V peatükk. Soojuse mõõtmine

39. Soojushulga ühikud	49
40. Soojusmahtuvus	50
41. Tahkete kehade erisoojuse määramine	51
42. Laboratoorne töö nr. 2	52
43. Kuidas arvutada keha soojendamiseks vajalikku soojushulka?	53
44. Kütuse kütteväärtus	53
45. Laboratoorne töö nr. 3	54
46. Soojendaja kasutegur	54

VI peatükk. Aine oleku muutumine

47. Aine üleminek ühest olekust teise	55
48. Sulamine ja tahkumine	55
49. Laboratoorne töö nr. 4	56
50. Sulamissoojus	57
51. Soojuse eraldumine tahkumisel	58
52. Ruumala muutumine sulamisel ja tahkumisel	59
53. Sulamine ja tahkumine aine molekulaarehituse õpetuse alusel	59
54. Aurumine	60
55. Keemine	61
56. Laboratoorne töö nr. 5	62
57. Auru kondenseerumine	62
58. Keemispunkti sõltuvus rõhust	64
59. Auru tekkimine ja kondenseerumine aine molekulaarehituse õpetuse alusel	65
60. Gaasi rõhk	67

VII peatükk. Soojusmasinad

61. Töö ja soojus	68
62. Soojuse olemus	69
63. Soojuse mehhaaniline ekvivalent	69
64. Joule'i katse	70
65. Energia jäävuse ja muundumise seadus	71
66. Kiirgusenergia muundumine teisteks energia liikideks	72
67. Aurumasina ajaloo	73
68. Aurumasina ehitus ja töötamine	75
69. Auruturbiinid	78
70. Sisepõlemismootorid	79
71. Neljataktilise mootori skeem	79
72. Jaotusmehhanism	81
73. Aeglase põlemisega mootor ehk diisel	82
74. Reaktiivmootorid	82
75. Soojusmasina peamised osad	85
76. Soojusmasina kasutegur	86

III OSA

VALGUS

VIII peatükk. Valguse levimine

77. Valguse sirgjooneline levimine	88
78. Vari ja poolvari	90
79. Päikese- ja kuuvarjutused	91
80. Valguse kiirus	92

IX peatükk. Valguse peegeldumine

81. Valguse peegeldumise seadused	93
82. Hajuv peegeldumine	94
83. Tasapeegel ja selle kasutamine	94
84. Peegeldumine nõguspeeglit	96

X peatükk. Valguse murdumine

85. Valguse murdumise mõiste	99
86. Läätsed	101
87. Koondav lääts	102
88. Fotoaparaat	103
89. Projektsiooniaparaat	105
90. Kino	105
91. Silma ehitus	106
92. Valge valguse lahutamine värvusteks	107
93. Kehade värvused	109

IV OSA

ELEKTER

XI peatükk. Algteadmisi elektrist

94. Sissejuhatus	111
95. Elektriseerimine hõõrumise teel	111
96. Elektri kaks liiki	113
97. Elektroskoop	113
98. Juhid ja isolaatorid	116
99. Elektriseerimine indutseerimisega	117
100. Elektrimasin	119
101. Elektrilisi nähtusi atmosfääris	119
102. Piksevarras	121

XII peatükk. Elektrivool

103. Elektrivool	122
104. Galvaani elemendid	122
105. Akumulaatorid	124
106. Akumulaatorite kasutamine tehnikas	125
107. Elektrivoolu toimed	125
108. Voolu suund	126
109. Elektrivooluring	127
110. Tarvitaja vooluringi lüülimise viise	128
111. Elektri hulk. Kulon	129
112. Voolutugevus	130
113. Voolutugevuse ühik	130

114.	Ampermeeter	131
115.	Laboratoorne töö nr. 6	131
116.	Juhtide takistus	132
117.	Takistuse ühik	132
118.	Juhi takistuse sõltuvus juhi mõõtest ning ainest	133
119.	Reostaadid	134
120.	Pinge	135
121.	Pinge ühik	135
122.	Pinge mõõtmise voltmeetriga	136
123.	Ohmi seadus	137
124.	Laboratoorne töö nr. 7	139
	Vastuseid harjutustele	141

Александр Васильевич Перышкин
Григорий Иванович Фалеев и
Вильгельм Вильгельмович Крауклис

ФИЗИКА

Учебник для VII класса

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярнуское шоссе, 10

*

Toimetaja R. Siirak

Kunstiline toimetaja R. Tungla

Tehniline toimetaja K. Einberg

Korrektorid V. Tui ja V. Põlde

Ladumisele antud 5. IV 1961. Trükkimisele
antud 3. VI 1961. Paber 60×90, $\frac{1}{16}$. Trüki-
poognaid 9,25. Arvutuspoognaid 9,05. Trüki-
arv 15 000. Tellimise nr. 1329. Trükikoda
«Ühiselu», Tallinn, Pikk tn. 40/42.

Hind 18 kop.

18 kop.

A
23912

7837687

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00783768 7