

J. LANG



FÜÜSIKA

KESKKOOLI VI KLASSILE

RK „PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“

TALLINN 1946

A-10177
JUHAN LANG

FÜÜSIKA

KESKKOOLI VI KLASSILE

II trükk

RK
„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“
TALLINN 1946

TARTU ÜLKOOLI
RAAMATUKOGU

Mõõtmisi ja mõõduühikuid.

1. **Millega tegeleb füüsika?** Meid ümbritsevas looduses on väga palju mitmesuguseid esemeid ehk füüsilisi kehi. Nii näiteks raamat, laud, sullepea, kivi, puu, päike jne., kõik need on füüsilised kehad.

Füüsilised kehad ei püsi pikemat aega samadena, vaid nad alatasa mitmel viisil muutuvad. Jäätükk sulab toas ära ja muutub veeks. Keetmisel kaob vesi keedunõust, ta muutub auruks. Käest lahtilastud kivi langeb maha. Päike tõuseb idast ja loojub läänes. Füüsiliste kehade muutusi nimetame nähtusteks.

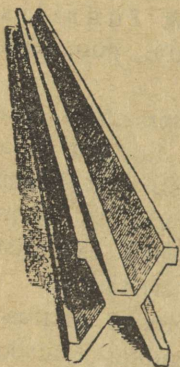
Liikumis-, soojus-, valgus- ja teised sellised nähtused kuuluvad füüsikaliste nähtuste hulka. Füüsikas õpime füüsikalisi nähtusi ligemalt tundma, s. o. püüame selgusele jõuda, kuidas nad toimuvad ja mispärast nad nõnda toimuvad, samuti, kuidas oleks võimalik neid ära kasutada mitmesugusteks praktilisteks otstarveteks sotsialistlikus elukorralduses. Telefon, raadio, lennuasjandus, veevärk, elektervalgustus, tööstuslikud masinad jne., kõik see põhineb avastustel ning leiutistel, mis on tehtud füüsikas.

2. **Mõõtmine ja mõõduühikud.** Füüsikaliste, samuti ka teiste nähtuste põhjalikumal tundmaõppimisel tuleb paratamatult nähtusi iseloomustavaid suurusi mõõta.

Mõõtmine on antud suuruse (näiteks toa pikkuse) võrdlemine teise sama liiki suurusega (näiteks 1 meetriga), mida nimetame ühikuks. Otstarbekus nõuab, et mõõduühikud oleksid muutu matud, kõigil tar-

vitajail samad, oma suuruselt mitmekesised, kuid üksteisega lihtsas arvelises seoses. Neid nõudeid kõige suuremal määral rahuldab XVIII sajandi lõpul prantslaste loodud meetermõõdustik.

3. Pikkusühikud. Meetermõõdustiku põhiühikuks on pikkusühik **meeter** (kreeka keelest: metron — mõõt). Meetriks nimetatakse rahvusvahelisele algmeetrile tõmmatud kahe paralleelse kriipsu kaugust teineteisest, mõõdetud jääsulamistemperatuuris. Õige täpselt võrdub meeter ühe neljakümne miljondikuga Pariisi läbiva meridiaani pikkusest.



Rahvusvaheline algmeeter (1. joon.) on valmistatud plaatina ja iriidiumi sulamist ning hoitakse alal Rahvusvahelises Mõõtude Büroses Sèvres'is Pariisi lähedal.

Meetermõõdustiku aluseks on kümnendsüsteem. Meeter (m) jaguneb 10 detsimeetriks (dm), detsimeeter 10 sentimeetriks (cm), sentimeeter 10 millimeetriks (mm). Meetrist suurema pikkusühikuna tarvitatakse kilomeetrit; 1 kilomeeter (km) = 1000 m. Niisiis:

$$1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm};$$

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}.$$

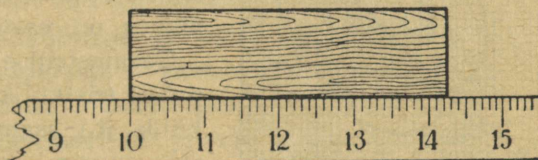
1. Kui pikk on Maa ekvaator? meridiaan?
2. Muretseda endale vähemalt 1 m pikkune mõõtpael! Kanda seda alati kaasas ning kasutada tarbekorral asjade pikkuse hindamisel!
3. Määrata oma sammu keskmine pikkus meetrites!
4. Hinnata silma järgi ümberolevate asjade pikkust ja kontrollida seda hiljem mõõtmise teel!

4. Pikkuse mõõtmine. Pikkuse, samuti teistegi suuruste mõõtmisel tuleb hoolitseda, et ühikud oleksid sobival valitud. Näiteks oleks raske mõõta Tallinna—Tartu va-

helist kaugust cm-tes või koolimaja pikkust km-tes. Seejärel tarvitatakse suuremate pikkuste mõõtmisel suuremaid ja väiksemate pikkuste mõõtmisel väiksemaid mõõduühikuid.

Mõõtmisel võrreldakse mõõdetavat suurust — pikkust — otseselt mõõtpuu või mõõtpaelaga. Selleks seatakse mõõdetava pikkuse üks ots kohakuti mõõdu 0-kriipsuga ja vaadatakse, mis-

suguse mõõdujaotise või selle osa kohal on mõõdetava pikkuse teine ots. Kui mõõdu ot-



2. joon. Mõõtmine mõõtpuuga.

sad on juba kulunud või 0-kriips pole selgesti nähtav, siis on parem kasutada 0-kriipsu asemel mõnda teist selgesti loetavat kriipsu, näiteks 10-ndat.

Kui pikk on 2. joon. kujutatud puuklopp? Väljendada mõõtmistulemus cm-tes ja mm-tes!

Alati ei lange mõõdetava keha ots kohakuti mõne mõõdu kriipsuga, vaid jääb kahe kriipsu vahele. Sel juhul tuleb silma järgi hinnata viimasest kriipsust üleulatuva osa pikkus kas 0,5 või 0,1 mm-tes, vastavalt sellele, kui täpselt tahetakse mõõta.

Suuremate pikkuste mõõtmisel tarvitatakse harilikult mõõtpaela (3. joon.). See on karbisse keritav riidest



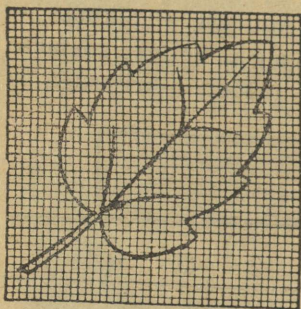
3. joon. Mõõtpael.

või terasest pael, millele on märgitud meetri ja sentimeetri jaotised.

Harjutus. Mähkida peenikest niiti (juust, traati) 10–20 korda tihedasti ümber peenikese pulga (pliiats, sukavarras, nael), mõõta

mähise laius ja arvutada sellest niidi jämedus (läbimõõt)! Teha seda kolm korda ja võtta saadud tulemustest keskmine!

Kuidas sel viisil määrata näiteks sukavarda läbimõõtu?



4. joon. Pindala määramine mm-paberi abil.

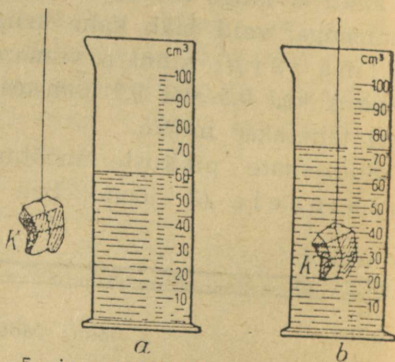
5. Pindala mõõtmine. Pindala mõõdame ruutühikutega, nagu ruutsentimeeter (cm^2), ruutmeeter (m^2) jne., s. o. ruutudega, millede küljepikkus on vastavalt 1 cm, 1 m jne. Geomeetrilise kujuga pindade puhul (ristkülik, kolmnurk, rööpkülik jt.) saame arvutada pindala suuruse, kui teame näiteks kahe joone (aluse ja kõrguse) suuruse. Tuletada meelde matemaatikast, kuidas seda tehakse!

Väiksemate ebakorrapäraste kujundite, näiteks puulehtede pindala on hõlpus määrata **mm-paberi** abil (4. joon.), otseselt loendades antud kujundiga kaetud mm^2 -te arvu. Määrata sel teel 4. joon. kujutatud puulehe pindala mm^2 -tes!

Peame meeles, et $1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2$; $1 \text{ dm}^2 = 100 \text{ cm}^2$; $1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2$

1. Mitu cm^2 on ühes ruutmeetris? mitu mm^2 ? Mitu m^2 on ühes km^2 ?

2. Kui joonmõõtude suhe on 10 (100; 1000), milline on siis vastavate ruutmõõtude suhe?



5. joon. Mõõtklaasi kasutamine ruumala määramisel.

6. Ruumala mõõtmine. Ruumala mõõdame kuupühikutega, nagu kuupsentimeeter (cm^3), kuup-

meeter (m^3) jt., s. o. kuupidega, mille serva pikkus on vastavalt 1 cm, 1 m jne.

Matemaatikast teame, kuidas mõnede joonte (pikkus, laius, kõrgus) abil arvutada kehade ruumala (risttahukas, prisma jt.). Tuletada seda meelde!

Määrata klassi (oma toa) ruumala m^3 -tes ja selle raamatu ruumala cm^3 -tes!

Väiksema vedelikuhulga ja väikeste mittekorrapärase kehade ruumala mõõtmisel kasutatakse **mõõtklaasi** ehk **mensuuri** (5. joon.).

Need on harilikult silindrikujulised anumad, millele tehtud kriipsud näitavad, mitu kuupsentimeetrit vedelikku mahub mensuuri, kui ta on täidetud mõne kriipsuni. Enne mensuuri tarvitamist peab alati selgusele jõudma, mitu kuupsentimeetrit vastab jaotiste ühele kriipsuvahele.

Vaadelda, mitu cm^3 vedelikku on 5. joon. kujutatud mensuurides. Kui suur on selle järgi vedelikku lastud keha (K) ruumala?

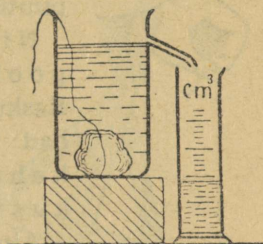
Ruumala mõõtmiseks tarvitatakse ka ülevooluanumat. 6. joon. põhjal seletada, kuidas seda tehakse.

Peame meeles, et $1 m^3 = 1000 dm^3$; $1 dm^3 = 1000 cm^3$;
 $1 cm^3 = 1000 mm^3$.

1. Mitu cm^3 on 1 m^3 ? mitu mm^3 ? Mitu mm^3 on 1 liitris?
2. Kui joonmõõtude suhe on 10 (100; 1000), milline on siis vastavate kuupmõõtude suhe?
3. Mitu liitrit on 1 m^3 ; mitu pange, kui panges on 12 l?
4. Määrata oma tindipoti ruumala cm^3 -tes!
5. Väljendada 1 m^3 ruumala mm^3 -tes!

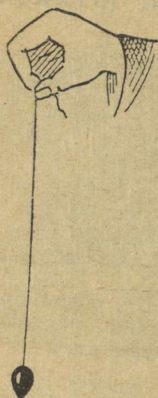
Harjutus. Määrata tikutoosi ruumala cm^3 -tes, mõõtes pikkuse, laiuse ja kõrguse 0,1 cm täpsusega.

7. Raskustung ja mass. Võtame kätte mõne keha, näiteks raamatu. Me tunneme, et raamat tungib Maa poole



6. joon. Ülevooluanuma kasutamine ruumala määramisel.

ja rõhub kätt — tal on teatav raskus. Kui käsi alt ära võtta, langeb raamat maha. Sama nähtus kordub kõigi teiste esemetega, nagu pliiats, sulg, kivi, puutükk jt.



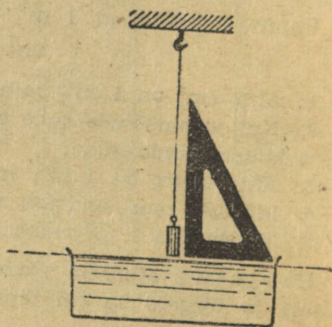
7. joon. Maja seinad ehitatakse püstsihis.

Nimetame keha tungi Maa poole **raskuseks** ehk **raskustungiks**. Raskus ongi selleks põhjuseks, miks kehad Maa poole langevad, teiste sõnadega: kehad langevad Maa poole raskustungi mõjul.

Ainehulka, millest keha koosneb, nime-tame keha **massiks**. Mida suurem on keha mass, seda tugevamini tõmbub ta Maa poole, järelikult keha mass on võrdeline keha raskusega. Selle põhjal mõõdetakse kehade massi nende raskuse võrdlemise teel.

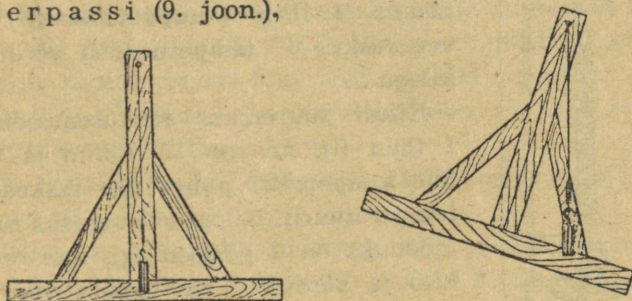
8. Püst- ja rõhtsiht ning nende määra-mine. Sihti, milles vabalt langev keha liigub Maa poole, nimetatakse püst- ehk vertikaal-sihiks. Püsti me kõnnime ja püsti kasvavad puud, samuti ehitame püstsihis tornid, seinad ning korstnad, sest muidu langeksid nad ümber. Püstsihi langeksid nad ümber. Püstsihi määramiseks tarvitatakse loo-di, s. o. nõõri või niiti, mille ot-sa on kinnitatud mõni koormus, näiteks seatinakuulike (joon. 7).

Püstsihiga risti olev siht on rõht- ehk horisontaal-siht. Vaikne veepind on rõhtus. Selles võime veenduda loe ja nurklaua abil (joon. 8). Rõhtsihis me harilikult lii-



8. joon. Vaikne veepind on alati rõhtus.

gume. Rõhtsihis ehitame ka maja laed ja põrandad, sest muidu ei püsiks asjad põrandal hästi paigal. Rõhtsihi määramiseks tarvitavad ehitustöölised vesiloodi ehk vaaderpassi (9. joon.),

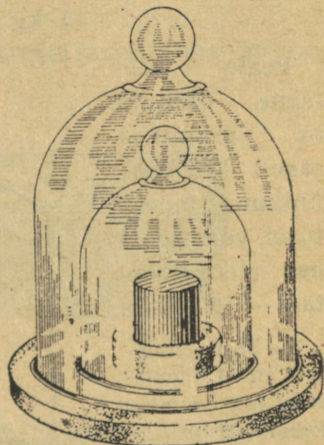


9. joon. Vesilood ehk vaaderpass.

See on õhuke ning pikk risttahukakujuline puutükk, mille keskele on paigutatud klaastoru. Klaastoru on ülespoole kumer ja täidetud vedelikuga (piiritus), kuid mitte täiesti. Torru jäänud õhumull on väga liikuv ja nihkub kergesti vesiloe asendi muutudes. Ta püüab kui kergem alati jääda kõige kõrgemasse asendisse. Risttahuka rõhtasendis seisab õhumullike just toru keskel. See koht märgitakse kriipsukestega. Püstihi määramiseks on risttahukal otsas veel teine klaastoruke.

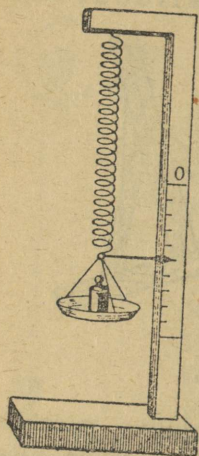
Seletada, kuidas kasutatakse kirjeldatud vesiloodi rõht- ja püstihi määramiseks.

9. Raskustungi ühikud. Keha raskuse ehk kaalu mõõtmise põhiühikuks meetermõõdustikus on kilogramm (kg)



10. joon. Algkilogramm.

ehk kilo, mis on eriliselt valmistatud ja Rahvusvahelises Mõõtude Büroos alahoitava keha — rahvusvahelise algkilogrammi — raskus. 1 liitri (kuupdetsimeetri) puhta vee raskus 4° temperatuuril võrdub ühe kiloga.



11. joon. Vedrukaal.

Peale eelmiste ühikute on praktikas sageli raskusühikuna tarvitusel veel tsentner ehk kvintaal — 100 kilo.

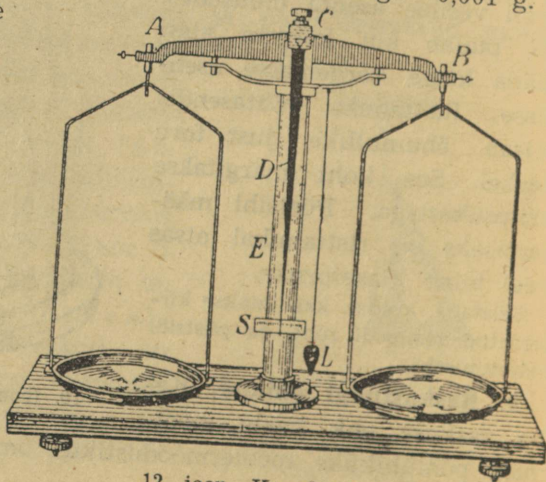
1. Mitu grammi on 1 tonnis?
Mitu mg on minu kehakaal?

2. Väljendada 5 m³ puhta vee raskus tsentnerites ja grammides!

Kilost suuremaks raskusemõõduks on 1 tonn (t), mis on 1000 kilo ja võrdub ühe kuupmeetri puhta vee raskusega 4° temperatuuril. Kilost väiksemaks raskusemõõduks on 1 gramm (g), mis on 0,001 kilo ja võrdub 1 cm³ puhta vee raskusega 4° temperatuuril.

Grammist väiksemaks raskusühikuks on milligramm (mg), see on 0,001 grammi. Kokkuvõttes saame raskusühikute jaoks järgmise tabeli:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ t} &= 1000 \text{ kg} \text{ ehk } 1 \text{ kg} = 0,001 \text{ t}; \\
 1 \text{ kg} &= 1000 \text{ g} \quad \text{„} \quad 1 \text{ g} = 0,001 \text{ kg}; \\
 1 \text{ g} &= 1000 \text{ mg} \quad \text{„} \quad 1 \text{ mg} = 0,001 \text{ g}.
 \end{aligned}$$



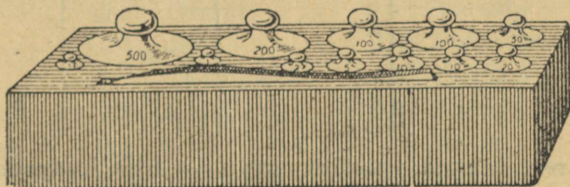
12. joon. Kangkaalud.

10. **Keha raskuse mõõtmine.** Keha raskustungi suuruse ehk kaalu täpsemaks määramiseks kasutame kaalusid. Lihtsamad neist on vedrukaalud (11. joon.). Selleks on terasvedru, mis venib seda pikemaks, mida suuremad koormused talle otsa riputada. Kõrvalolev numbrilaud näitab, kui palju kaalub keha, mis vedru antud kriipsuni välja venitab. Igapäevases elus tarvitamiseks antakse vedrukaalule teine, praktilisem kuju.

Kõige harilikumaks kaalude tüübiks on nn. kangkaalud (12. joon.).

Kangkaalude peaosaks on kang AB, mis keskkohas C terasest kiilu (prisma) abil toetub alusele E. Kang AB võib prisma C ümber vabalt pöörduda. Kangi otstes A ja B, keskpäigast ühekaugusel, ripuvad kaalukaused. Mõlemad kangi pooled AC ja CB, niisama ka kaalukaused, on ühe- raskused. Kui kaalud on koormamata või mõlemad kaused koormatud võrdselt, siis peab kaalukang olema rõht- asendis ning temaga ühendatud osuti D suunatud astmiku (skaala) S keskpäika.

Kangkaalude juures peab alati olema tarvilik arv mitme- suguses suuruses vihte (13. joon.).



13. joon. Vihid.

Kaalumisel asetame ühele vaekausile kaalutava eseme, teisele aga paneme nii palju vihte, et kaalud oleksid tasa- kaalus. Siis võrdub antud eseme raskus vihtide rasku- sega.

11. **Juhiseid kaalude kasutamisel.** Kaaludega tuleb käituda ettevaatlikult ja hoolikalt, pidades silmas järgmisi juhiseid:

1) Kaaluma asudes peab vaatama, kas kaalud on puhtad ja kas nad tühjalt on tasakaalus, s. o. kas osuti seisab astmiku 0-punkti vastu.

2) Vaekausile ei panda midagi märga ega määrivat. Ka ei katsuta vaekausse kätega, sest sellega rikume neid.

3) Vihte ei võeta näppudega, vaid näpitsaga. Ka ei panda vihte lauale, vaid korbist otse vaekausile ja sealt jälle tagasi oma kohale karpi.

4) Vihte ja esemeid asetame kaaludele kergelt, et vaekausid ei hakkaks järsult võnkuma, mis kaalusid rikub.

Harjutus. Määrata mõne puu-, kivi-, raua- ja seatinatüki kaal grammides!

12. **Erikaal.** Määrame puu-, kivi- ja rauatüki kaalu grammides ning ruumala cm^3 -tes. Saadud andmed paigutame tabelisse järgmiselt:

Jrk. nr.	Keha aine nimetus	Kaal grammides	Ruumala cm^3 -tes	1 cm^3 kaal grammides
1.	Puu . . .			
2.	Kivi . . .			
3.	Raud . . .			
4.				

Viimases lahtris saadud arvu — ühe kuupsentimeetri aine kaalu grammides — nimetame selle aine erikaaluks. Suurema erikaaluga aine on raskem kui väikese erikaaluga aine.

Loeme nüüd oma tabeli andmed järgmiselt: kivi erikaal on . . . grammi kuupsentimeetris, s. o. üks kuupsentimeeter seda kivi kaalub keskmiselt . . . grammi, jne.

Eelmise põhjal saame lihtsa juhise mistahes keha või

aine erikaalu määramiseks. Selleks on vaja keha või aine kaal grammides jagada tema ruumalaga kuupsentimeetrites. Lühidalt kirjutame seda üles nõnda:

$$\text{erikaal} = \frac{\text{kaal grammides}}{\text{ruumala kuupsentimeetrites}}$$

Veel lühemalt saame erikaalu määramise viisi üles märkida nõnda: tähistame arvu, mis näitab erikaalu suurust, tähega e , ja arvu, mis näitab sama keha kaalu grammides, tähega p , ning ruumala kuupsentimeetrites tähega V . Siis saame erikaalu määramiseks nende arvude vahel järgmise seose ehk valemi:

$$e = \frac{p}{V} \left(\frac{g}{\text{cm}^3} \right)$$

Sulgudesse on siin asetatud lühidalt kirjutatud erikaalu nimetus $\frac{g}{\text{cm}^3}$ — grammi kuupsentimeetris.

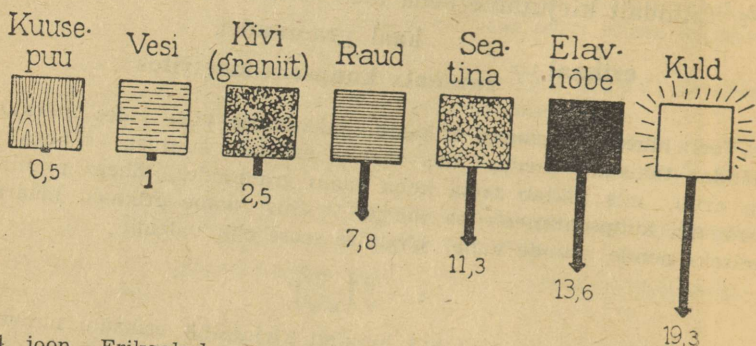
Alljärgnevas tabelis on antud mõne enamtuntud aine erikaal. Vaadelda neid arve ja võrrelda omavahel! Millised ained kuuluvad raskete, millised kergete hulka?

Erikaalude tabel.

Plaatina . . .	21,4	Alumiinium . . .	2,7	Vesi (4°) . . .	1,00
Kuld . . .	19,3	Graniit . . .	2,5	Värnits . . .	0,93
Seatina . . .	11,3	Jää	0,9	Petrooleum . . .	0,8
Hõbe	10,5	Tammepuu . . .	0,8	Piiritus	0,79
Vask	8,9	Kork	0,2	Nafta	0,76
Valgevask . . .	8,1			Eeter	0,72
Raud	7,8	Elavhõbe . . .	13,6	Bensiin	0,68
Inglistina . . .	7,3	Väävelhape . .	1,84		
Tsink	7,1	Glütseriin . .	1,26	Õhk	0,0013
Marmor	2,7	Piim, merevesi	1,03		

Kui väljendada keha kaal kg-des ja ruumala dm^3 -tes (liitrites), missuguste arvudega väljenduvad siis eelmise tabeli kaalud?

Vastata samale küsimusele juhul, kui keha kaal on väljendatud tonnides ja ruumala kuupmeetrites.



14. joon. Erikaalude suuruse võrdlev kujutus. Erikaalu igale ühikule vastab 1 mm noole pikkust, mis kujutab raskust.

13. Erikaalu rakendamine. Erikaalu teadmine on väga suure praktilise väärtusega, sest ta võimaldab lahendada kaks tarvilikku ülesannet, nimelt:

- 1) Leida keha kaalu, kui on teada selle keha ruumala ja erikaal.
- 2) Leida keha ruumala, kui on teada ta kaal ja erikaal.

Tõepoolest, seosest: $\text{erikaal} = \frac{\text{kaal}}{\text{ruumala}}$ näeme, et erikaal on kaalu ja ruumala jagatis. Jagatav aga võrdub jagaja ning jagatise korrutisega. Seepärast siis:

$$\text{keha kaal} = \text{erikaal} \times \text{ruumala} \text{ ehk } p = eV$$

ning sellest seosest jälle:

$$\text{keha ruumala} = \frac{\text{kaal}}{\text{erikaal}} \text{ ehk } V = \frac{p}{e}$$

Näidiseid. 1) Kui palju kaalub 250 cm³ elavhõbedat?

Elavhõbedat erikaal on 13,6 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, seega 1 cm³ elavhõbedat kaalub 13,6 g ja 250 cm³ elavhõbedat kaalub 250 · 13,6 = 3400 grammi ehk 3,4 kg.

2) Kui palju kaalub 15 cm³ rauda?

Raua erikaal on $7,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, seega 1 cm³ rauda kaalub 7,8 g, 15 cm³ rauda kaalub $15 \cdot 7,8 = 117$ grammi.

3) Kui suur anum mahutab 5 kg petrooleumi?

Petrooleumi erikaal on $0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, 5 kg ehk 5000 g petrooleumi ruumala aga on:

$$5000 : 0,8 = 6250 \text{ cm}^3 \text{ ehk } 6,25 \text{ liitrit.}$$

Sama tulemuse liitrites saame, kui kaalu kg-des jagame erikaaluga $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ -tes:

$$5 : 0,8 = 6,25 \text{ liitrit.}$$

4) Mitu tonni kaalub 3 m³ kuiva liiva?

Kuiva liiva erikaal on umbes $1,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ehk $1,6 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$. Seega 3 m³ kuiva liiva kaalub:

$$3 \cdot 1,6 = 4,8 \text{ tonni.}$$

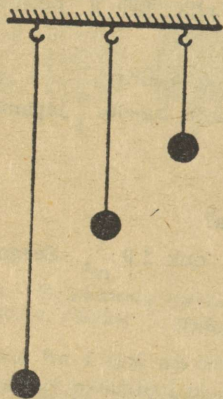
1. Mitu korda on 1 m³ tammepuud raskem kui 1 m³ korki?
2. Mitu korda on 1 liiter vett raskem kui niisama palju õhku?
3. Kui palju on pang piima raskem pangetäiest (12 l) petrooleumist?
4. Asetada raskuse järjekorda järgmised kehad: klaasitüüp (250 cm³) elavhõbedat, kuupmeeter õhku ja 3 liitrit petrooleumi.
5. Rauatükk kaalub 0,78 tonni. Leida ruumala!
6. Kui palju kaalub 1 tihumeeter kuusepuid?
7. Leida 2 kg vase ruumala!
8. Mitu kg petrooleumi mahub 5-liitrisesse anumasse?
9. Piimanõu mahutab 30 kg piima. Mitu liitrit see on?
10. Kas jõuab keskmiselt tugev inimene 1 m³ korki üles tõsta?
11. Kui palju kaaluks minu elusuuruses kuju graniidist?
12. Kui palju kaalub õhk minu keha ruumala suuruses?

Märkus. Ülesannete 11 ja 12 lahendamisel tuleb arvestada, et inimese keha keskmise erikaal on umbes $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

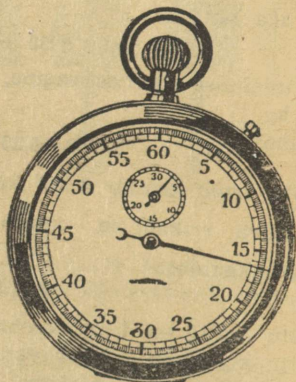
14. Aja mõõtmine. Füüsikas on ajamõõduühikuks harilikult sekund. 1 sekund (sek) on $\frac{1}{60}$ osa minutist, 1 minut (min) on $\frac{1}{60}$ osa tunnist ja tund (h, ka t.) $\frac{1}{24}$ osa keskmisest päikesest-ööst-päevast. Viimase ajavahemiku all mõeldakse seda ajavahemikku,

mille jooksul Päike oma näivas ööpäevases liikumises ümber Maa teeb keskmiselt ühe täistiiru (tõeliselt teeb Maa selle ajaga täispöörde ümber oma telje).

Võrdseid ajavahemikke saame hõlpsasti tekitada pendlite abil, milleks võib olla niidi otsa riputatud koormus (15. joon.).



15. joon. Pendlid.



16. joon. Sekundmeeter.

Võtame rea ühepikkusi pendleid ja paneme nad üheaegselt võnkuma. Nende võnkumisperiodid on võrdsed. Kui aga teeme mõne neist pendlitest pikemaks, mõne lühemaks, siis näeme, et lühem pendel võngub kiiremini, pikem aeglasemalt. Pendel, mille pikkus on 1 m (täpsemalt 99,4 cm), teeb ühe täisperiodi 2 sekundi, poolperiodi aga (ühest äärest teise) 1 sekundi jooksul. Sedamoodi on hõlpus saada sekundilisi ajavahemikke.

Aega mõõdame seinä- või taskukella abil. Lühemate ajavahemikkude mõõtmiseks, näiteks spordi alal, tarvitatakse erilisi ajamõõtjaid, nn. **sekundmeetreid** (stoppereid).

1. Teha 1 m pikkune pendel ja mõõta, mitu poolvõngu ta teeb poole minuti jooksul.
2. Mitu sekundit on tunnis? öös-päevas?
3. Kuidas mõjub temperatuuri muutus pendelkella käigusse?
4. Vanasti olid ajamõõtjatena kasutamisel ka **liivakellad**. Millisei põhimõttel need töötavad?

Mehaanika põhimõisteid.

Liikumisnähtusi.

15. Liikumine ja paigalolek. Looduses ja inimese tegevuses võime igal sammul tähele panna liikumist: Maa liigub ümber Päikese, Kuu ümber Maa, lennukid läbivad õhku, laevad liiguvad meredel, sõidukid tänavatel. Kui keha liigub, siis muudab ta oma asendit mõne teise keha suhtes, näiteks auto tänava suhtes, Maa Päikese suhtes. Keha, mis mõne teise keha suhtes oma asendit ei muuda, on selle teise keha suhtes **paigal**.

Sama keha võib ühe keha suhtes liikuda, teise keha suhtes paigal olla; nii näiteks reisija võib raudteevagunis paigal olla vaguni suhtes, kuid liikuda Maa suhtes jne. Liikumisest ja paigalolekust kõneldes peame alati küsima, missuguse teise keha suhtes keha liigub või paigal seisab, sest me tunneme ainult suhtelist ehk relatiivset liikumist ja suhtelist paigalolekut.

1. Tuua näiteid suhtelise liikumise ja paigaloleku kohta!
2. Panna tähele, kass saab olla nõnda, et ükski kehaosa ei liiguks!
3. Kas teame nimetada looduses mõnda keha, mis oleks täiesti (absoluutselt) paigal?

16. Ühtlane ja ebahühtlane liikumine. Paneme tähele raudteerongi liikumist. Ütleme, et jaamast välja sõites liigub rong edasi esimese sekundi jooksul 0,2 m, teise sekundi jooksul 0,3 m, kolmanda sekundi jooksul 0,5 m jne., seega

ebaühtlaselt; kaks minutit pärast jaamast väljasõitu liigub rong edasi ühtlaselt igas sekundis 14 m. Liikumist, kus keha mistahes võrdseis ajavahe- mikes, näiteks sekundites, läbib võrdsed teosad, nimetatakse **ühtlaseks** liikumiseks. Liikumist aga, kus keha mistahes võrdseis ajavahe- mikes läbib mittevõrdsed teosad, nimeta- takse **ebaühtlaseks** liikumiseks.

Inimesel on võimatu tekitada kauemat aega kestvat täiesti üht- last liikumist. Parimadki kellad ei käi kauemat aega õieti. Loo- duses on ühtlasest liikumisest kõige enam tuntud Maa pöörlemine ümber telje. See liikumine peegeldub meile taevaskera näivas öö- päevases pöörlemises, mis ongi meil aluseks õige kellaaja saamisel.

17. Ühtlase liikumise kiirus. Kui jalamees ühtlaselt kõn- dides igas tunnis 5 km ära käib, siis ütleme, et jalamehe liikumise **kiirus** on 5 km tunnis (lühidalt kirjutatud: $5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$; h tähendab **hora**, ladina keeles — tund); kui vesi jões igas sekundis 80 cm edasi voolab, siis on jõe voolu kiirus 80 cm sekundis (lühidalt: $80 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$) jne. Üldse nimetame kiiruseks tee pikkust, mille liikuv keha ära käib ehk läbib ühe ajaühiku jooksul.

Sellest järgneb, et ühtlaselt liikuva keha

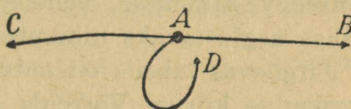
$$\text{kiirus} = \frac{\text{käidud tee pikkus}}{\text{vastav aeg}}$$

Tähistame üldises kujus vastavais ühikuis mõõdetud kiiruse suuruse tähega v , läbitud tee pikkuse tähega s ja aja tähega t , siis võime eelmise reegli kirjutada lühidalt järgmiselt:

$$v = \frac{s}{t}, \text{ millest järgneb: } s = vt \text{ ja } t = \frac{s}{v}.$$

Ainult kiiruse suuruse põhjal ei saa veel otsustada, kus kohal asub liikuv keha liikumisaaja lõpul; selleks on vaja veel teada, missugust teed mööda ja mis suunas

(kuhupoole) keha liigub. Näiteks (17. joon.) punktist A lähtudes võime sama tee pikkuse võrra edasi liikudes jõuda kolme eri punkti: B, C või D, olenedes liikumisteest ja liikumissuunast.



1. Jalamees käib ühtlaselt 15 minutiga 1,25 km. Kui suur on ta kiirus $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, $\frac{\text{m}}{\text{min}}$ ja $\frac{\text{cm}}{\text{sek}}$ -tes? 17. joon. Ainult kiiruse suuruse põhjal ei saa veel määrata keha asendit.

2. Valguse kiirus on 300 000 $\frac{\text{km}}{\text{sek}}$. Mitme minutiga jõuab valgus Päikeselt Maani, kui Päikese kaugus Maast on 149 500 000 km? Vastata sama küsimus Kuu kohta, kui Kuu kaugus Maast on 384 000 km!

3. Kuidas on võimalik mõõta jõe voolu kiirust?

4. Kui pikk on nn. valgusaasta, s. o. tee, mis valguskiir läbib ühe aasta jooksul?

Märkus: Kõige lähema senituntud kinnistähe kaugus Maast on 4,3 valgusaastat.

5. Kui suure kiirusega liigub Maa ümber Päikese?

6. Kui suur on ekvaatoril asetsevate asjade kiirus Maa pöörlemisel ümber telje? Ekvaatori raadiuse pikkus on 6378 km.

18. Keskmise kiirus. Harilikult ei liigu kehad ühtlaselt, vaid ebahühtlaselt, näiteks rong jaamast välja ja jaama sisse sõites, auto liikuma hakates ning seisma jäädes jne.

Ebahühtlase liikumise puhul kõneleme liikuva keha keskmisest kiirusest. Selle saame, jagades kogu läbitud tee pikkuse tema läbimiseks kulutatud ajaga. Näiteks sõiduks rongil Tallinnast Tartu (191 km) kuluks 7 tundi 30 min., peatused kaasa arvatud. Samuti on rongi liikumise kiirus selle aja jooksul väga mitmesugune. Keskmise kiiruse saamiseks tuleb kogu tee pikkus jagada kogu ajaga.

Teha seda! Leida selle rongi keskmine kiirus $\frac{\text{m}}{\text{sek}}$ -tes ja $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ -des!

On selge, et ebaühtlase liikumise kiirus ei ole jääv, vaid muutub järjest. Kui liikumise kiirus suureneb, siis on see **kiirenev** liikumine, väheneva kiirusega liikumist nimetatakse **aeglustavaks** liikumiseks.

Järgnevas tabelis on antud mõne meile tuntud liikumise keskmine kiirus. Võrrelda neid omavahel! Panna tähele, missuguseis ühikuis on antud need kiirused!

Kiiruste tabel.

Aurik	30 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$	Kärbes	7 $\frac{\text{m}}{\text{sek}}$
Lennuk	180 "	Maa ümber Päikese	30 $\frac{\text{km}}{\text{sek}}$
Auto	70 "	Nõrk tuul	2—4 $\frac{\text{m}}{\text{sek}}$
Hobune sammukõndides	4 "	Pääsuke	60 $\frac{\text{m}}{\text{sek}}$
Jalakäija	5 "	Tigu	1,5 $\frac{\text{mm}}{\text{sek}}$
Kiirrong	80 "	Torm kuni	50 $\frac{\text{m}}{\text{sek}}$
Kahurikuul	600—1000 $\frac{\text{m}}{\text{sek}}$	Traavel	12 $\frac{\text{m}}{\text{sek}}$
Kõva tuul	12 $\frac{\text{m}}{\text{sek}}$		

1. Kujutada näitlikult auriku, lennuki, auto, hobuse, jalakäija ja kiirrongi kiirust! Kiiruse 1 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ kujutamiseks võtta 1 mm.

2. Leida oma käimise keskmine kiirus kodunt kooli ja ümberpöördu!

3. Jalamees käib 45 minutiga 3 km. Leida ta keskmine kiirus $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, $\frac{\text{m}}{\text{min}}$ ja $\frac{\text{cm}}{\text{sek}}$ -tes!

4. Kui laev liigub edasi tunnis 1852 m, siis öeldakse, et selle laeva kiirus on 1 sõlm. Mitu km liigub tunnis edasi laev, mille kiirus on 20 sõlme?

5. Praegusaja lennuki suurimaks kiiruseks on 1100 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Kui palju aega kuluks sellise lennukiga Tallinnast kõige otsemat teed Moskva sõiduks (890 km)? Tallinnast Vladivostokki (7000 km)?

6. Saja meetri jooksu rekordajaks Nõukogude Eestis on praegu 10,7 sekundit. Leida sellele vastav keskmine kiirus $\frac{m}{sek}$ -tes! Ülemaailmaline rekordaeg saja meetri jooksus praegu on 10,2 sek. Misugune keskmine kiirus vastab sellele? Kui palju suudaks inimene seesuguse kiirusega tunnis edasi liikuda?

7. Sportlane jooksis 5000 m ajaga 14 min. 28 sek. Arvutada selle jooksu keskmine kiirus $\frac{m}{sek}$ -tes ja $\frac{km}{h}$ -des!

8. Kuidas mõjub tuul lennuki ja jõe (mere) voolus laeva sõidu suunasse?

9. Kui palju kuluks aega kiirrongil Kuule sõitmiseks (Kuu kaugus Maast 384 000 km)?

Inerts ja tung.

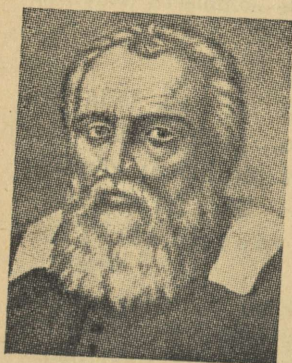
19. **Inerts.** Palli liikumapanemiseks on vaja teda tõugata; et seisev rong hakkaks liikuma, peab vedur teda tõmbama, samuti peab hobune vankrit tõmbama; kõndides liigume edasi lihaste pingutuste abil. Ükski paigalolev keha ei hakka liikuma iseendast, ilma põhjuseta.

Panna lauale 2 metallraha (või ka rohkem) teineteise peale ja lüüa õhukese noaga alumine raha kiiresti liikuma. Mis juhtub ülemise rahaga ja mispärast? Pikkamisi alumist raha edasi lükates liiguvad mõlemad koos. Mispärast?

Tahame kiiresti joostes äkki seisma jääda või järsku kõrvale pöörduda, siis peame selleks tarvitama kaunis tugevat lihaste pingutust; ratsa sõites võib kergesti kukkuda, kui hobune teeb järsu pööraku; raudteerongi kinnipidamiseks tarvitatakse pidurit, samuti teistel sõidukitel; liikuva palli kinnipüüdmisel rõhub see tugevasti vastu kätt jne. Neist näiteist selgub, et ükski liikuv keha ei jää seisma iseendast ilma põhjuseta, ka ei muuda ükski keha ilma põhjuseta oma liikumise suunda ega kiirust.

Need kaks kehade omadust võime lühidalt kokku võtta lauses: iga keha püüab säilitada oma olekut. On keha paigal, siis püüab ta edasi paigale jääda; kui aga keha lii-

gub, siis püüab ta jätkata liikumist samas suunas ja sama kiirusega, s. o. liikuda edasi ühtlaselt ning sirgjooneliselt. Teisiti võime väljendada seda kehade omadust veel järgmiselt: **iga keha püsib kas paigal või liigub ühtlaselt ning sirgjooneliselt seni, kuni mõni põhjus seda olekut ei muuda.** See lause kannab inertsiseaduse nime, sest inertsia all mõeldaksegi kehade omadust alal hoida oma liikumisolekut.



18. joon. Galileo Galilei
(1564—1642).

rööpküliku seaduse. Ka mesena vaatles Päikest ja tumedad laigud. Galilei pooldas ka avalikult Kopernikuse õpetust Maa liikumisest ümber Päikese. Selle eest pandi ta vangi ja sunniti inkvisitsioonikohtu poolt lahti ütlema oma õpetusest. Kõnelakse, et Galilei ei kannatanud välja sellist vägivalda ja pärast sunniviisi nõutud Maa liikumise eitamist olevat elatanud Galilei öelnud: „Aga ta liigub siiski!“

Katsuda ühevõrra tugeva tõukega liikuma panna raskeid ja kergeid kehi (kivi, pall, puuklopid). Mida märkame? Kuidas on lugu ühevõrra kiiresti liikuva raske ja kerge keha seismapanemisega?

Sõna inerts tuleb ladina keele sõnast *inertia*, mis tähendab tegevusetust, laiskust, muidugi inimeste kohta mõeldult. Laisk inimene ei armasta liikuda ega võtta ette muudatusi oma tegevuses. Ka kehad looduses on nagu laisad: ilma välise sunnita ei hakka nad liikuma ega jää ka seisma.

Vanaaja teadusmehed ei tundnud inertsiseadust. Alles kuulus itaalia teadusmees Galileo Galilei esimesena avastas selle kõigi kehade ühise omaduse. Galilei oli matemaatika-, füüsika- ja täheteadusprofessoriks Pisa ja Padova ülikoolis. Peale inertsiseaduse tegi Galilei terve rea teisi tähtsaid avastusi loodusteaduse alalt: avastas kehade vaba langemise seadused, pendli võnkumise seadused, tungide ehitas Galilei pikksilma, millega esimesena tegi kindlaks, et Päikese pinnal on pooldas ka avalikult Kopernikuse õpetust Maa liikumisest ümber Päikese. Selle eest pandi ta vangi ja sunniti inkvisitsioonikohtu poolt lahti ütlema oma õpetusest. Kõnelakse, et Galilei ei kannatanud välja sellist vägivalda ja pärast sunniviisi nõutud Maa liikumise eitamist olevat elatanud Galilei öelnud: „Aga ta liigub siiski!“

Katsed näitavad: mida raskem (suurema massiga) on keha ja mida suurem on liikumise kiirus, seda suurem on ka ta inertts.

1. Siduda tükk niiti näiteks tooli külge ja vedada pikkamisi. Tool nihkub edasi. Äkitselt tõmmates katkeb niit. Mispärast?

2. Kui raudteerongid kiirel sõidul kokku pörkavad, purunevad vagunid. Mispärast? Miks pole alati võimalik rongi piduriga enne õnnetust peatada? Millest tuleb maavarisemise hävitav (purustav) mõju?

3. Panna pabeririba laual seisva veeklaasi või mõne teise väiksema eseme alla ja tõmmata äkki ära. Mida märkame ja kuidas seda seletada? Tõmbame pikkamööda — mida märkame siis?

4. Siduda kivi või mõni teine koormus niidi otsa. Niidist äkki tõmmates katkeb niit altpoolt, pikkamisi tõmmates aga ülevalt-poolt koormust. Mispärast?

5. Kui sõiduk äkki liikuma hakkab, langevad reisijad tahapoole. Äkilisel seisumisel näeme vastupidist. Mispärast?

6. Mispärast tuleb tolm kloppimisel või raputamisel riietest välja?

7. Kui veega täidetud klaas äkki liikuma või seisma panna, läheb vett üle ääre maha. Mispärast ja kuhupoole?

8. Me teame, et Maa pöörleb oma telje ümber läänest itta. Mispärast langeme maapinnalt üles hüpates samale kohale tagasi, aga mitte üleshüppamiskohast lääne poole?

9. Kuhupoole ja mispärast tuleb liikuvalt sõidukilt maha hüpata, et mitte maha kukkuda?

10. Mispärast koputatakse varre pihta, kirvest või luuda varre otsa pannes?

11. Mispärast ei saa raudteerongi järsku seisma ega liikuma panna?

12. Kastega on kergem niita kui kuivaga. Kuidas seda seletada?

13. Mispärast õunad puu raputamisel maha langevad?

14. Mispärast roomad sagedasti katkevad, kui hobune äkki tõmbab?

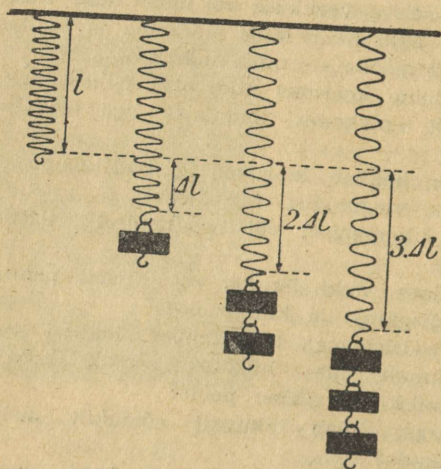
15. Tagaajamisel on kasulik suuna äkilise muutmisega end kaitsema. Mispärast?

20. Tung ja selle mõõtmine. Riputame mõne eseme, näiteks võtme, niidi otsa ja põletame niidi läbi. Võti ei jää oma endisse asendisse püsima, vaid langeb maha.

Inertsiseaduse järgi ei hakka ükski keha liikuma isendast ilma põhjusest. See kehtib ka kehade langemise kohta. Siin on raskus ehk raskustung selleks põhjuseks, miks kehad Maa poole langevad.

Üldse tungiks nimetame põhjust, mis paigaloleva keha liikuma paneb või juba olemasolevat liikumist muudab.

Meile tuntud liikumise muutumise põhjused ehk tungid on inimeste ja loomade lihastetung, raskus-



tung, magneti- ja elektritung, vetruvustung, hõõrdumistung jt.

Tung ei muuda ainult keha liikumise olekut, vaid tungi mõjul võib muutuda ka keha kuju, s. o. tung võib tekitada kehas deformatsiooni. Nii näiteks võime tungi mõjul keha pikemaks venitada, kokku suruda, painutada jne. Deformatsiooni suuruse põhjal otsustame ka

19. joon. Vedru pikenemine on võrdeline pikenemist tekitava tungiga.

deformeeriva tungi suuruse üle. Sellel omadusel põhinebki raskustungi mõõtmine vedrukaalu abil, sest teatavais piires on vedru pikenemine (või lühenemine) võrdeline venitava (või suruva) tungi suurusega (19. joon.).

Nagu teame, mõõdetakse raskustungi suurust kaaluühikute (kg, g jne.) abil. Kõiki teisi tunde aga võime raskustungiga võrrelda, järelikult kaaluühikuis mõõta. Nii näiteks võime öelda, et antud magnetitungi suurus teata-

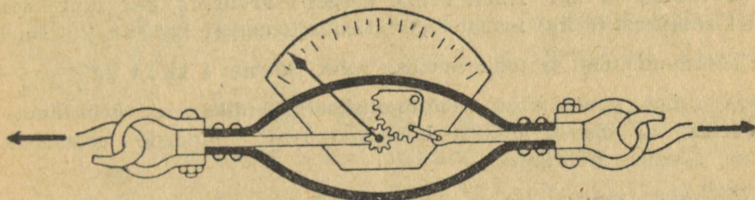
vas kauguses oleva rauatüki külgetõmbamisel on 10 g, hõõrdumistungi suurus kelgu liugumisel 5 kg, lihastetungi suurus kivi tõstmisel 10 kg jne.

Peale raskusühikute on mehaanikas väga sagedasti tarvitata vaks tungiühikuks düün, mille suurus on $\sim 0,001$ (täpsemalt $\frac{1}{981}$) gramm-raskusest.

Peame meeles:

1 düün $\sim 0,001$ g ehk 1 mg.

Riistu, millede abil saab mõõta tungi suurust, nimetatakse **dünamomeetriteks** (20. joon.). (Dünamis tähendab kreeka keeles jõud, võime.) Selleks otstarbeks võib tarvitada ka kaalu.



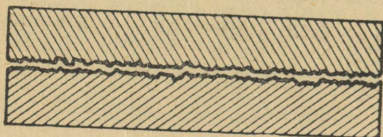
20. joon. Dünamomeeter.

1. Vaadelda tähelepanelikult 20. joon kujutatud dünamomeetrit ja selgitada, kuidas ta töötab!

2. Kuidas oleks võimalik mõõta adra- või koormavedamiseks vajaliku tungi suurust?

21. Hõõrdumine. Tasast maapinda mööda visatud kivi, rõhtsal pinnal rööpail liikuma pandud vagun, uisutaja jääl, veepinnal liikuma tõugatud paat jne. — kõik nad kaotavad varsti oma liikumise kiiruse ja jäävad lõpuks seisma, kui neile ei anta uut tõuget liikumiseks. Mis takistab siis kehade liikumist? Kehade pind ei ole kunagi

päris sile, vaid konarlik (21. joon.). Liikumisel jäävad ühe keha pinna konarused teise keha konaruste vahele ja takistavad sedaviisi liikumist. Me ütleme sel puhul lühidalt: liikumist takistab **hõõrdumine**



21. joon. Hõõrdumist tekitavad pinnakonarused.

ehk **hõõrdumistung**. Kui tahame, et liikumapandud keha liiguks järjest edasi ühtlaselt, s. o. endise kiirusega, peame kogu aeg ületama liikumist takistavat hõõrdumistungi.

Näitena määrame hõõrdumistungi suuruse tooli vedamisel mööda põrandat. Selleks tõmbame tooli vedrukaalu konksu pidi mööda põrandat edasi. On tooli edasiliikumine enam-vähem ühtlane, siis näitab vedrukaal hõõrdumistungi suurust. Olgu see näiteks 1 kg ja tooli raskus 4 kg. Nüüd võime kergesti arvutada, kui suure osa tooli raskusest (4 kg) moodustab hõõrdumistung (1 kg) ehk kui suur on hõõrdumistungi ja tooli raskuse suhe. Saame: $1 \text{ kg} : 4 \text{ kg} = \frac{1}{4}$. Seda suhet nimetatakse **hõõrdumiskoeffitsiendiks** ehk **hõõrdumisteguriks**; ta oleneb eeskätt kokkupuutuvate pindade iseloomust (aine, siledus, määrimine).

Määrata eespoolkirjeldatud viisil hõõrdumistungi suurus risttahukakujulise klopi, puuhalu, kasti jne. vedamisel mööda põrandat (22. joon.)! Arvu-



22. joon. Hõõrdumistungi määramine liuglemisel.

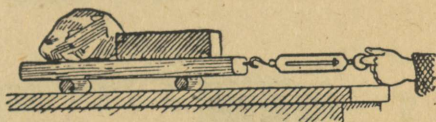
tada iga juhu kohta hõõrdumistungi ja keha raskuse suhe ehk hõõrdumiskoeffitsient! Võrrelda saadud hõõrdumiskoeffitsiente omavahel!

Asetame nüüd risttahukakujulise klopi (kasti) alla paar ümmargust pulka (sulepead) ja määrame jällegi hõõrdumiskoeffitsiendi (23. joon.). Kummal juhul on hõõrdumistung suurem ja mitu korda?

Katsed näitavad, et hõõrdumine veeremisel on märksa väiksem kui liuglemisel. Seepärast püütaksegi igal pool, kus vähegi võimalik, liugumist

asendada veemisega (kuullaagrid jalgrattal, autol; pal- kide, vaatide veeretamine jne.). Aga mispärast pole van- ker rege siiski hoopis välja tõrjunud?

Väga palju inimsoo tööst kulub hõõrdumise ületa- miseks, näiteks hõõrdumi- se ületamine raudteeron- gi, vankri, saani jne. ve- damisel, viilimisel, saagi- misel, värvimisel, pühki- misel, kirjutamisel, kündmisel — üldse iga töö juures. See on hõõrdumise kahjulik toime. Teiselt poolt aga oleks elu



23. joon. Hõõrdumistungi määramine veemisel.

ilma hõõrdumiseta täiesti võimatu: meie ei saaks ilma hõõrdumiseta seista ega kõndida, puujuured ei püsiks maa sees ega kalossid jalas, rihmad ei veaks masinaid ümber jne.

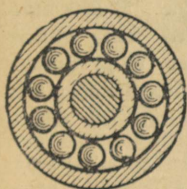
Tuua veel näiteid, kus hõõrdumine on meile kasulik!

Tuleb silmas pidada, et hõõrdumistung tekib ainult kehade liikumisel ja mõjub alati liikumisele vastassuunas.

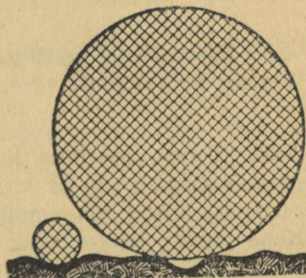
Et hõõrdumist tekitavad kehade kokkupuutepindade konarused, siis on hõõrdumine alati väiksem, kui kokkupuutepinnad on hästi siledad. Samas mõttes mõjub ka õlitamine: õli- kiht katab kokkupuutuvad pin- nad ja teeb nad libedaks.

1. Kui puuduks hõõrdumine, kas oleks siis võimalik liikuma hakata, seisma jääda, asju nõoriga kokku siduda, naelu ja kruvisid tarvitada jne.?

2. Mispärast on tähtis, et maan- teed oleksid hästi siledad?



24. joon. Kuul- laager.



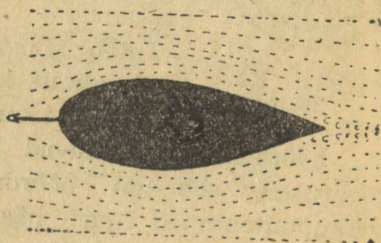
25. joon. Väikesel rattal on hõõrdumine suurem.

22. **Keskkonna takistus.** Kehad liiguvad kas õhus või vees. Õhk ja vesi, samuti teised gaasid ja vedelikud, takistavad kehade liikumist neis. Juhul, kui keha liigub mõnes **keskkonnas**, näiteks lennuk õhus, allveepaati vees, kõneleme selle **keskkonna takistusest liikumisele**. Keskkonna takistuse põhjuseks on keskkonna aineosakeste inerts, vastupanu liikumisele ja keskkonna aineosakeste hõõrdumine üksteise vastu.



26. joon. Auto liikumisel tekkinud õhukeerised takistavad liikumist.

keha esipinna ja liikumise kiiruse suurenemisega. Keskkonna takistuse vähendamiseks on väga oluline ka liikuva keha väline kuju, sest iga keha õhus või vees liikudes tekitab enda ümber keeriseid, milleks kulub hulk keha liikuma panevast energiast. Kõige vähem keeriseid õhus või vees liikudes tekitab nn. **tilgakujuline keha**. Seepärast ehitatakse kiirsõidua autod, lennuki kandepinnad, allveelaeva kered, torpeedod jne. keskkonna takistuse vähendamiseks tilgakujulised ehk „voolujoonelised“.



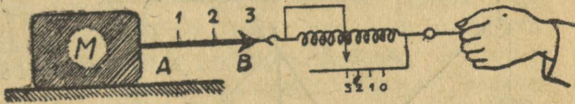
27. joon. Keskkonna takistus on kõige väiksem tilgakujulise läbilõikega keha liikumisel.

1. Missugune kuju on lindude ja kalade kehadel?

2. Missuguseid takistusi tuleb ületada kelgusõidul?

23. **Tungi graafiline kujutamine.** Tungi mõju kehale sõltub tungi suuruselt ja ka sellest, kus kohal ja missuguses suunas antud tung mõjub kehale. Tuua näiteid selle kohta! Keha punkti, milles tung otseselt mõjub, püüdes teda liikuma panna või olemasolevat liikumist muuta, nimet. tungi rakenduspunktideks; suunda, milles tung rakenduspunkti liikuma püüab panna — tungi suunaks.

Kõiki kolme tungi tunnust — **rakenduspunkt, suund ja suurus** — on võimalik näitlikult kujutada graafiliselt. Selleks valime noole AB (28. joon.), mille algus on antud tungi rakenduspunktis A, suund näitab antud tungi suunda ja pikkus mahutab endas nii mitu mõõtu, kui mitu tungiühikut on antud tungi suuruses.



28. joon. Tungi graafiline kujutamine.

Mitu tungiühikut on rakendatud kehale M punktis A noole AB suunas (28. joon.)?

24. **Tasakaal.** Võtame kätte raamatu. Raamat tungib raskuse mõjul Maa poole, kuid ta ei saa alla langeda, sest käelihaste tung mõjub vastupidises suunas ja hoiab tasakaalus raamatu raskustungi. Raamat jääb paigale.

Raudteerong liigub ühtlaselt ning sirgjooneliselt. Vedur tõmbab järjest ühtviisi, kuid kiirus ei suurene, sest veduri tõmbetung kulub selleks, et hoida tasakaalus kõiki rongi liikumise takistusi, nagu hõõrdumist ning õhu takistust, ja rong liigub inertsi mõjul ühtlaselt ning sirgjooneliselt.

Tungid on tasakaalus, kui nad ei muuda keha liikumisolekut:



29. joon. Tungid on tasakaalus.

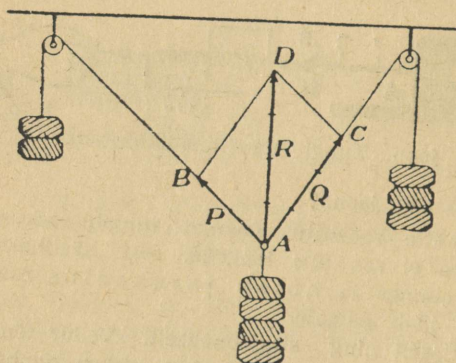
paigalolev keha jääb tungide mõjust hoolimata paigale, ühtlaselt sirgjooneliselt liikuv keha jätkab oma liikumist samal viisil (29. joon.).

Tuua tasakaalustatud tungide näiteid!

25. **Tungide liitmine.** Kui mitu tungi mõjuvad ühes ja samas suunas, siis on neid kerge liita, s. o. leida niisugune tung, mis üksinda antud kehale avaldab samasugust mõju kui kõik antud tungid kokku. Antud tunge nimetatakse **liidetavaiks** ehk **komponentideks**, liitmise tulemust ehk resultaati — **resultandiks**. On selge, et ühes suunas mõjuvate 2 kg ja 3 kg kui komponentide resultant on 2+3, s. o. 5 kg. Järelikult, samasuunaliste komponentide resultant võrdub komponentide summaga.

Kuidas tuleks liita 2 otse vastassuunas mõjuvat tungi? Tuua näiteid selle kohta!

Võtame nüüd 2 tungi: $P = 2 \text{ kg}$ ja $Q = 3 \text{ kg}$, mis on rakendatud mõlemad samas punktis A (30. joon.), kuid nende suurnad moodustavad nurga BAC. Katse näitab, et niisugusel juhul on antud tungide P ja Q resultant R oma suunalt ja suuruselt P ja Q kui külgede põhjal joonestatud rööpküliku diagonaal.



30. joon. Tungide rööpkülik.

1. Näidata, et 30. joon. kujutatud katse vastab sellele juhisele!

2. Kuidas oleneb resultandi R suurus komponentide vahel olevast nurgast?

3. Kuidas tuleks liita samas punktis rakendatud 2 ja enamgi tungi?

4. Leida graafiliselt järgmiste komponentide P ja Q resultandid, kui komponentide ja nende vahel oleva nurga (A) suurused vastavalt on:

- a) $P = 3 \text{ kg}$, $Q = 4 \text{ kg}$, $A = 90^\circ$;
- b) $P = Q = 5 \text{ kg}$, $A = 120^\circ$;
- c) $P = 5 \text{ kg}$, $Q = 12 \text{ kg}$, $A = 90^\circ$.

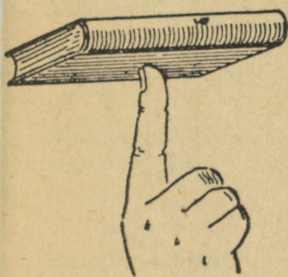
Raskuspunkt ja tasakaal.

26. Raskuspunkt. Kõik kehad tungivad Maa poole raskuse ehk raskustungi mõjul. Kui tahame, et keha oma raskuse mõjul liikuma ei hakkaks, vaid paigal püsiks, siis peame raskuse mõju tasakaalustama. Selleks kas kinnitame keha mõne punkti liikumatult paigale, näiteks lööme pildi naelaga seina külge, või toetame antud keha mõnele teisele kehale, mis püsib paigal. Näiteks raamat toetub lauale, tool põrandale, maja maapinnale, laev mereveele jne. Siin tasakaalustab kehade raskust alus, millele need kehad toetuvad: laud, põrand, maapind, merevesi jne.

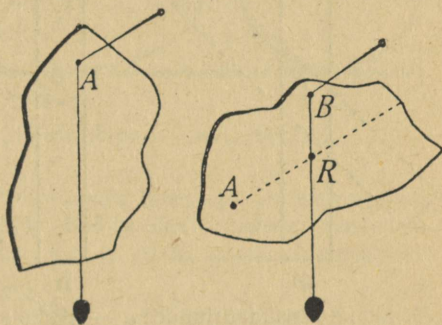
Võtame mõne köites raamatu (joonlaua) ja tasakaalustame tema raskuse sõrmega alt toetades (31. joon.). Sellest näeme, et raa-

matu raskuse tasakaalustamiseks pole vaja toetada teda kõigis punktides, vaid ainult ühes nn. raskuspunktis, milles me kujutleme koondununa kogu keha raskuse. Raamatu raskuspunkt asetseb raamatu keskel.

Vaatame nüüd, kuidas saab määrata mõne tasapinnalise keha, näiteks papitüki raskuspunkti (32. joon.). Selleks pistame papitüki ühest äärest (A) nõõpnõela või mõne peenikese varda läbi, nii et ta selle ümber saaks vabalt pöörduda. Nõõpnõel on toeks ehk toetuspunktiks, mis tasakaalustab papitüki raskuse. Pärast lühikest võnkumist jääb papitükk seisma. Siis asetseb raskuspunkt püstjoonel otse toetuspunkti all, sest muidu ei tasakaalustaks toetuspunkt papitüki raskust.



31. joon. Sõrm toetab raamatut raskuspunktis.



32. joon. Papitüki raskuspunkti määramine.

Märgime ära selle joone papitükil loe abil. Teeme samuti mõne teise toetuspunkti (B) suhtes. Sedasi talitades näeme, et kõik need püstjooned lõikuvad ühes punktis (R), mis on selle papitüki raskuspunktiks. Papitükki selles punktis toetades jääb ta paigale, sest ta raskus on tasakaalustatud.

Elmist raskuspunkti määramise viisi võime rakendada igasuguste kehade kohta. Raskusi tekitab ainult toetuspunkti läbiva püstjoone märkimine juhul, kui see joon läheb läbi keha tema seest.

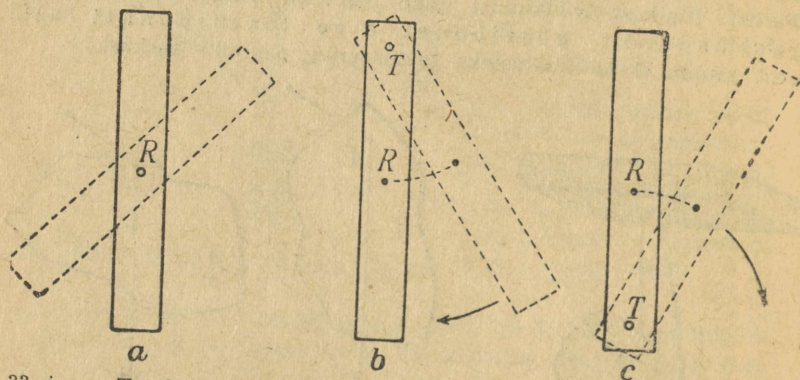
1. Kus asub ühtlase sirge varva, ruudu, ristküliku, rööpküliku, ringi, kera, Maa, kuubi, risttahuka ja silindri raskuspunkt?

2. Määrata katseliselt kolmnurkse papitüki raskuspunkt!

27. **Tasakaalu juhud.** Pistame papitükist või joonlauast tema raskuspunktis nõela läbi. Joonlauda nõela kui telje ümber

ringi pöörates näeme, et ta jääb tasakaalu igas asendis. Seepärast ütleme, et joonlaud on ükskõikses tasakaalus (33. joon., a). Raskuspunktiis toetatud keha on alati ükskõikses tasakaalus.

Ükskõikses tasakaalus on jalgratta, vankri ja kõik masinate rattad. See on vajalik, et nad ühtlaselt käiksid ja kuluksid. Muidu saaks võll või laager ühelt poolt tugevamaid tõukeid kui teiselt poolt, ta kuluks sellelt poolelt kiiremini, hakkaks logisema ning läheks rikki.



33. joon. Tasakaalujuhud: a — ükskõikne, b — püsiv, c — mittepüsiv.

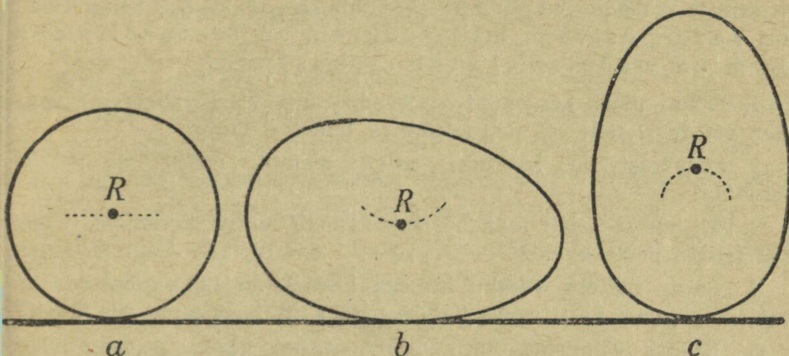
Asendis b (33. joon.) on joonlaua raskuspunkt (R) otse toetuspunkti (T) all. Joonlaud on siis **püsivas tasakaalus**, sest sellest asendist teda välja viies tuleb ta ise sinna jälle tagasi.

Asendis c on joonlaud mittepüsivas tasakaalus, sest siin joonlaud, tasakaalust välja viidud, ei tule ise sinna enam tagasi.

Rõhtsale pinnale toetuv ühtlane kera (34. joon., a) on ükskõikses tasakaalus, sest siin on toetuspunkt igas asendis otse raskuspunkti all. Ka jääb kera veeremisel raskuspunkt alati samale kaugusele toetuspunktist.

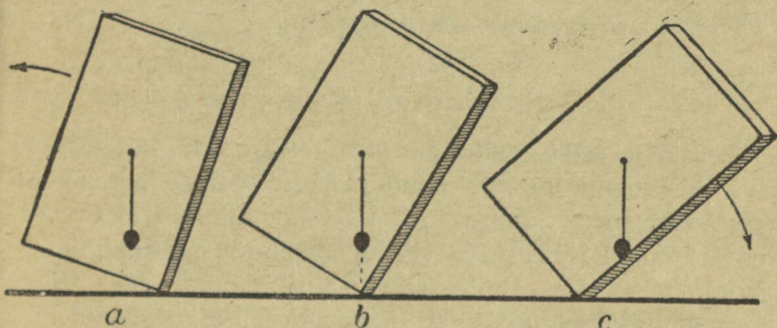
Asendis b on keha (muna) püsivas tasakaalus, sest siin on raskuspunkt kõige madalamal. Sellest asendist keha välja viies tõuseb raskuspunkt kõrgemale. Lahti lastes tuleb ta ise endisse asendisse tagasi.

Asendis c (34. joon.) on tasakaal mittepüsiv, sest siin on raskus-
punkt kõige kõrgemas asendis. Sellest asendist keha
välja viies ei tule ta ise sinna enam tagasi.



34. joon. Rõhtsale pinnale toetuva kera ja muna tasakaal.

Võtame veel risttahukakujulise paksema lauaotsa. Ta raskuspunkt
on keskel. Lööme tahu keskele raskuspunkti kohale naelakese
ja riputame sinna otsa loe (35. joon.). Nüüd asetame risttahuka



35. joon. Tasakaalujuhud risttahuka toetumisel pinnale: b — püsiv,
a — mittepüsiv, c — kukub ümber.

ühele servale mitmel viisil kaldu ja vaatame järele, millal risttahukas
endisse tasakaaluasendisse tagasi tuleb ning millal ta ümber kukub.

Kõiki katsete tulemusi kokku võttes võime öelda: alusele toet-
tuv keha tuleb endisse tasakaaluasendisse ta-

gasi ainult siis, kui raskuspunktist tõmmatud püstjoon läheb seestpoolt toetuspiirjoont. Vastasel korral kukub keha ümber. See on üldine tasakaalutingimus kõigi toetuvate kehade puhul. Siit järeldub ka, et keha tasakaal on seda püsivam, mida suurem on toetuspiirjoon ja mida madalamal asub raskuspunkt.

1. Kumb läheb kergemini ümber: kas õle- või liivakoorem? van-ker või regi? tühi või petrooleumiga täidetud lamp?
2. Mispärast on karkudel, palgil, aialatil, nõöril jne. raske kõndida?
3. Mispärast hoiab inimene, kes kannab mingit koormust, ühele või teisele poole kaldu?
4. Seista näiteks vasaku küljega hästi seinale ligi ja katsuda ka mõlemad jalad hästi seinale ligi asetada. Mida paneme siis tähele?
5. Kuidas valmistada täringut nii, et see visates peaaegu alati sama arvu näitaks?
6. Mispärast on autol mootor asetatud võimalikult madalale?
7. Missuguse liigutuse teeme toolilt tõustes?
8. Kuidas tulevad mitmesuguses raskuses pakid veokile asetada?
9. Mispärast hoiame uisutamisel käed harilikult väljasirutatult?
10. Milline on köietantsija tasakaal?

Töö võimsus ja energia.

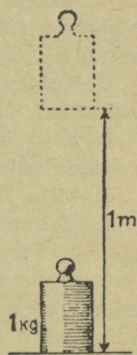
28. Töö ja selle mõõtmine. Me teeme tööd, kui tõstame kivi või ületame mingit muud raskust, veame kelku, pum-pame vett jne. Samuti teeb tööd hobune koormat vedades, aurukatel rehepeksu- või mõnda muud masinat ümber ajades, vesi ning tuul veskit käima pannes jne. Nagu neist näiteist selgub, tuleb töötegemisel alati ületada mõnesugust takistust (raskustung, hõõrdumine jt.). Ka on töötegemisel oluliseks tunnuseks asjaolu, et töötav tung paneb keha liikuma. Mida suurem on takistus ja mida kaugema maa peal tuleb seda ületada, seda suurem on ka tehtud töö hulk. Füüsikas mõõdetakse töö hulka (A) tungi suuruse (F) ja tungi raken-

duspunkti poolt käidud tee pikkuse (s) kor-
rutisega, s. o.

$$\text{töö} = \text{tung} \times \text{tee}, \text{ ehk lühidalt } A = F \cdot s.$$

Kui me näiteks tõstame 1 kg vertikaalselt 1 m võrra kõrgemale, siis nihkub 1-kg tungi rakenduspunkt edasi tungi suunas 1 m võrra. Seejuures tehtud töö hulka nimetame **kilogramm-meetriks (kgm)** ehk meeter-kilogram-
miks (mkg), mis tööhulga mõõtmise ühikuna on üldiselt tarvitusel. 3 kg tõstmisel 2 m võrra kõrgemale teeme $3 \cdot 2$, s. o. 6 kgm tööd; 400 g 50 cm võrra kõrgemale tõstmisel teeme $0,4 \cdot 0,5$ ehk 0,2 kgm tööd jne.

Üldiselt võime öelda, et kgm on töö hulk, mis teeb tung 1 kg, kui ta rakenduspunkt **tungi suunas** edasi nihkub 1 m võrra (36. joon.). Näiteks, kui hobune vankrit edasi tõmbab 80 kg tugevuselt 5 m võrra, siis on tehtud töö hulk $80 \cdot 5$ ehk 400 kgm.



36. joon.
Tööühik 1 kgm

Töö, mille teeb tung 1 düün, kui ta rakenduspunkt liigub tungi suunas edasi 1 cm võrra, nimet. **ergiks**. Erg on väga väike tööühik. Kümme miljonit (10^7) ergi loetakse uueks tööühikuks, mis on laialt tarvitusel, iseäranis elektrivoolu töö mõõtmisel, ja kannab nime **džaul (J)**; $1 \text{ kgm} = 9,8 \text{ džauli}$.

Tuleb silmas pidada, et töötegemine füüsikas ilmneb ikka liikumises. Kui keha, millele tung mõjub, edasi ei liigu, vaid paigal püsib, siis seejuures tung tööd ei tee. Näiteks, kui vedamisel koorem on liiga raske ja hobune ei jõua teda paigast nihutada, siis ei tehta ka tööd ega maksta selle eest tasu. Mispärast hobune seejuures siiski väsib? Samuti „liikumatu“ paigal seistes, kätt kõrvale väljasirutatult hoides, vastu lauda rõhudes jne. väsime siiski, sellest hoolimata, et me füüsika mõttes seejuures tööd ei tee. Mispärast? Tuua veel samalaadilisi näiteid!

Inimeste ja loomade lihastetungi, masinate, tuule, vee jne. tööd nimetatakse sagedasti ka mehaaniliseks ehk füüsiliseks tööks; vaimset tööd teeme lugedes, ülesannet lahendades, üldse mõeldes. Ka vaimse töö juures me väsimeme, kuigi siin pole tegemist kehade liikuma panemisega nagu mehaanilise töö juures.

1. Mitu kglm tööd vähemalt kulub 1 pange vee (12 l) ülestõstmiseks kaevust, mille sügavus on 20 m?
 2. Kui palju teeme tööd, tõstes 30 kg 20 cm võrra kõrgemale?
 3. Kasutades vedrukaalu ja meetermõõtu, määrata töö hulk puuhalu, kelgu, kivi, laua või mõne teise koormuse vedamisel mööda põrandat. Kas oleneb tehtud töö hulk ajast, mille jooksul see töö on tehtud?
 4. Kuidas oleks võimalik mõõta tööd, mida teeb hobune koorma-vedamisel, kündmisel jne.?
 5. Mitu kglm tööd teeme esimeselt korralt teisele minnes, kui kordade vahe on 4 m?
 6. Mitu kglm tööd kulub 0,24-tonnise kivi tõstmiseks 50 cm võrra?
 7. Hobune vedas koorma, mille raskus 1,2 tonni, üles mäkke, mille kõrgus 15 m. Mitu kglm tööd tegi hobune raskustungi ületamiseks?
 8. Kooli veevärgi reservuaar mahutab 1,2 m³ vett ja asetseb keskmiselt 35 m kõrgusel kaevu veepinnast. Vähemalt mitu kglm tööd kulub selle veehulga ülespumpamiseks?
 9. Inimese süda, surudes verd mööda keha laiali, teeb iga löögiga keskmiselt nii palju tööd, kui palju tööd kulub 1 kg tõstmiseks 9 cm kõrgusele. Kui suur on inimese südame öö-päeva jooksul tehtud töö hulk kglm-eis? Kui kõrgele maapinnast jõuaks inimene (75 kg) ennast tõsta selle töö arvel?
 10. Kui suur on raskustungi töö 25-grammise kivi langemisel 50 m võrra?
 11. Poiss viskas 120-grammise kivi 20 m kõrgusele. Kui palju tööd kulus selleks?
 12. Töö, mida teeb inimene rõhtsal pinnal edasi liikudes, on umbes $\frac{1}{15}$ sellest tööst, mis kuluks ära sama inimese püsti ülestõstmiseks käidud tee kõrgusele. Mitu kglm tööd teed sa iga päev kooli minnes?
- 29. Võimsus.** Masinate nagu iga teisegi tööjõu tarvitamisel peame teadma, kui suur on antud masina või tööjõu võimsus, s. o. tööhulk, mida masin või tööjõud teeb 1 sekundi jooksul. Kui masin teeb igas sekundis 75 kglm tööd, siis ütleme, et

selle masina võimsus on 1 hobusejõud (h.-j.). Tugeva hobuse võimsus on 1 h.-j., inimese võimsus aga on umbes $8 \frac{\text{kgm}}{\text{sek}}$.

Hobusejõudu tähistatakse veel lühidalt tähtedega HP, mis on tuletatud vastavate inglise keele sõnade esimestest tähtedest: horse — hobune ja power — võimsus. Saksa masinatel on võimsus märgitud tähtedega PS (Pferdestärke).

Võimsus näitab, kui palju suudab masin teha tööd 1 sek. jooksul, kui masin tööpoolest töötab. Tehtud töö hulga arvutamiseks korrutame võimsust sekundite arvuga, mille jooksul masin töötab. Näiteks, kui masin võimsusega, 2 h.-j. töötab 20 min., siis on tehtud töö hulk $20 \cdot 60 \cdot 2 \cdot 75$, s. o. 180 000 kgm. Tasu makstakse ainult tehtud töö, mitte võimsuse eest.



37. joon. Hobuse tõmbetugevuse mõõtmine koorma vedamisel.

$$\text{Inimese võimsus} \sim 8 \frac{\text{kgm}}{\text{sek}} \quad 1 \text{ h.-j.} = 75 \frac{\text{kgm}}{\text{sek}}$$

Võimsust, kus masin igas sekundis teeb 1 džauli tööd, nimet. **vattiks (W)**. Tuhat vatti on 1 **kilovatt (kW)**, 1 h.-j. = 736 W.

Tööhulk, mida teeb masin võimsusega 1 kilovatt ühe tunni jooksul, nimet. **kilovatt-tunniks (kWh)**. Seda ühikut tarvitatakse harilikult elektri töö mõõtmisel.

Meelespidamise hõlbustamiseks paneme tähele, et sümbolid kW ja kWh on tuletatud sama põhimõtte järgi nagu näiteks kg (kilogramm) ja km (kilomeeter). Siin k asendab sõna kilo — tuhat, W — sõna vatt (tuletatud inglise füüsiku James Watt'i nimest) ja h — sõna tund.

1. Mitme inimese tööjõu asendab aurukatel, mille võimsus on 6 h.-j.?

2. Narva kose võimsus on ligikaudu 75 000 h.-j. Mitu töölist suudavad teha 8-tunnise tööpäeva puhul niisama palju tööd kui Narva kosk?

3. Mitu korda on hobuse võimsus suurem inimese võimsusest?

4. Kui palju aega kuluks S.-Munamäe otsa tõusmiseks (relat. kõrgus 45 m), kui seda teha võimsusega $8 \frac{\text{kgm}}{\text{sek}}$?

5. 1 kilovatt-tund el.-voolu tööd maksab 40 kop., inimese tööjõud aga 120 kop. tund. Kumb tööjõud on sel puhul odavam ja mitu korda, oletades, et tööliste võimsus on $8 \frac{\text{kgm}}{\text{sek}}$? Mispärast on kasulik inimjõu mehaanilist tööd, kui vähegi võimalik, asendada mootorite tööga?

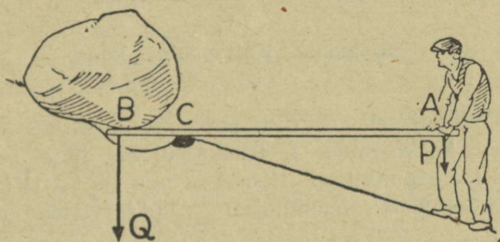
30. Energia. Me teame, et töötegemisel tuleb võita ehk ületada mõnesuguseid takistusi, nagu raskustungi, hõõrdumist, inertsit j.t. Ilma takistuste ületamiseta ei ole tööd. Küsime nüüd, missugused kehad võivad teha tööd? Tööd võib teha iga liikuv keha, nagu aurukatla hoo- raatas masinaid ümber vedades, liikuv kahurikuul kindlustisi lõhkudes jne. Liikuva keha võime teha tööd on seda suurem, mida suurem on keha mass ja ta liikumise kiirus. Kuid see võime pole mitte ainult liikuvail kehadel, vaid ka inimese ja looma keha lihastel, ülestõstetud koormustel (kellapommid), kokkukeeratud vedrul (kellavedru), kuumal aurul katlas, lõhkeaineil (püssirohi, dünamiit) jne. Keha võimet teha tööd nimetatakse keha **energiaks** ja seda mõõdetakse kõige selle töö- hulgaga, mis keha suudab teha. Nii siis: energia on kehas oleva töö tagavara.

Mehaanikas eristatakse kahte liiki energiat: **kineetilist** ehk **liikumisenergiat** ja **potentsiaal-** ehk **asendienergiat**. Kineetilist energiat omavad liikuvad kehad, potentsiaalset energiat — pinguletõmmatud vedru, ülestõstetud keha, kuum aur, lõhkeained jm.

Lihtmasinad.

31. **Tööriistad ja masinad.** Inimesel tuleb ületada töötegemisel suuruselt väga mitmesuguseid takistusi, nagu kive ja kände kaaluda, puid kanda, vaati vankrile veeretada, vett kaevust välja tõsta jne. Otsesest lihaste jõu rakendamisest sagedasti ei jätku, seepärast tarvitab inimene töötegemisel mitmesuguseid kunstlikke tööriistu või seadiseid, mida nimetatakse masinaiks. Lihtsamad neist on kang, plokk, pöör, kaldpind, kiil ja kruvi.

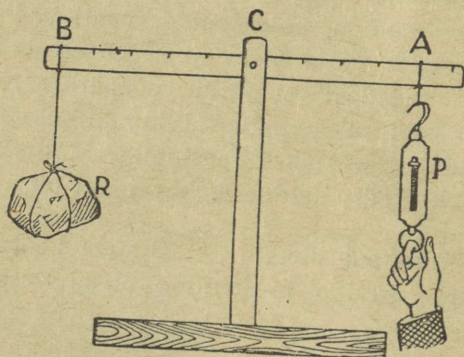
32. **Kang. Tasakaal kangil.** a) Suurte koormuste nihutamisel, näiteks kivide ja kändude kaalumisel, on väga



38. joonis. Kivi kaalumise kangil abil.

kasulik tarvitada kangil (38. joon.). See on tugev sirge varb AB (puu- või raudlatt), mille üks ots (B) pannakse tõstetava keha alla, teises otsas (A) surub tööline noole suunas. Kangi toetuspunktiks on C, mille ümber saab kangi vabalt pöörata. Otsa A, allapoole rõhudes surub ots B kivi üles. Ütleme, et tööline lasub kangil otsas A kogu oma raskusega — 75 kg. Kui tugevasti rõhub kang kivi ülespoole otsas B? Küsimuse vastamiseks teeme rea katseid lihtsa kangiga, mis on kujutatud 39. joonisel.

b) Kang AB annab vabalt pöörduda toetuspunkti C ümber. Tühjalt on kang tasakaalus igas asendis. Riputame nüüd kangile otsas B enne ärakaalutud koormuse R (kivi), otsas A tasakaalustame selle vedrukaalu abil. Koormuse kui ka tasakaalustava tungi



39. joonis. Kahepoolne kang.

(vedrukaalu näitamise) suuruse märgime tabelisse: ühes sellega märgime sinna ka koormuse ja tasakaalustava tungi rakenduspunktide kauguse toetuspunktist — koormuse ja tungi õla pikkuse. Parajate koormuste puudumisel võib tarvitada nende asemel vedrukaalu.

Koormus	2 kg	4	3	5	2
Koorm. õla pikkus	6 jaotist	3	5	?	6
Tasakaalustav tung	4 kg	3	?	2	2
Tungi õla pikkus	3 jaotist	?	3	5	3

Kangil järele katsudes täita puuduvad andmed tabelis. Vaadelda veel uusi juhtusid koormuste tasakaalustamisel ja kanda nad tabelisse. Korrutada koormuse suurust temale vastava õla ja tasakaalustava tungi suurust temale vastava õla pikkusega. Mida näeme?

c) Katsete tulemuseks on: kang on tasakaalus, kui koormuse ja tema õla korrutis võrdub tasakaalustava tungi ja tema õla korrutisega.

Korrutades 39. joonisel tarvitatud koormuse ja tungi tähistust, võime eelmise lause lühidalt üles kirjutada nõnda:

$$P \cdot AC = R \cdot BC$$

Siit järeldub: tung P on nii mitu korda väiksem koormusest R, kui mitu korda tungi õlg AC on suurem koormuse õlast BC, ja ümberpöördult.

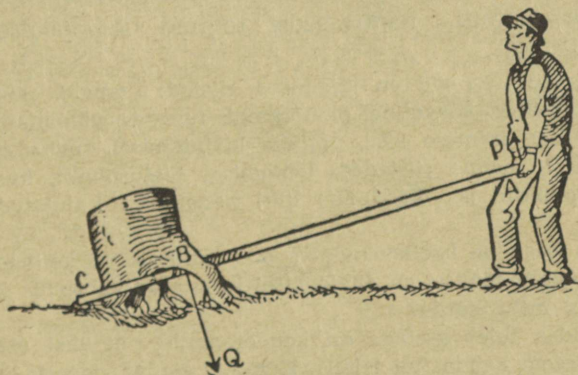
Lahendame nüüd ülesande: kui tugevasti rõhub kang kivi ülespoole otsas B (38. joonis). Muidugi rõhub kang kivi sama tugevasti kui kivi kangi.

1. Missugused peavad olema kangi tasakaalu korral võrdsete koormuste puhul vastavad õlad?

2. Kangil on ühel pool toetuspunkti koormus 1 kg, teisel pool — 2 kg. Kui suur on kangi rõhumine toetuspunktis?

3. Heinaline kannab seljas leivakotti, mille raskus on 6 kg. Kepi eespoolne ots on tagapoolsest 3 korda pikem. Kui suur on kepi rõhumine õlale?

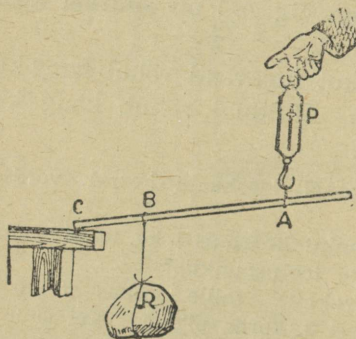
4. Tahan oma raskusega üles tõsta kivi, mille raskus on 500 kg. Missugune peab olema õlgade vahekord kangil?



40. joonis. Kännu kaalumise kangil abil.

33. Ühepoolne kang. Kangide liigitamine. Sagedasti kasutatakse kangi 40. joonisel näidatud kujul. Kännukaluja rõhub kangi, mis toetub punktis C, otsas A üles P kg tugevuselt; känd omakorda surub kangi allapoole punktis B R kg tugevuselt. Missuguseil tingimustel on tungid P ja R tasakaalus?

Kirjeldataud kangi nimetatakse ühepoolseks, sest tungid on rakendatud ühel pool toetuspunkti C. Varemini



41. joonis. Ühepoolne kang.

kirjeldataud kang (39. joon.) oli kahepoolne. Mispärast? Antud ühepoolse kangi juures on tungi P õlaks AC ja tungi Q õlaks BC. Katsed näitavad, et ühepoolse kangi tasakaalu korral kehtib sama seadus kui kahepoolse kangi tasakaalu puhulgi, s. o. $P \cdot AC = Q \cdot BC$.

Tõendada seda ühepoolse kangi abil 41. joonisel kujutatud viisil. Tulemused kanda tabelisse samuti, nagu seda tegime kahepoolse kangi puhul (lk. 40).

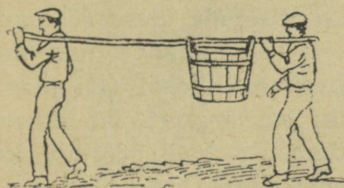
1. Mis liiki kangid on järgmised riistad: tangid, pihid, käru, käärid, ukse link, kaevuling, pumbaraud, tule- ja pähkli tangid, päsmar, lõualuu, inimese käsi, pliats kirjutamisel, mõla sõudmisel, jne.? Kus on nende riistadega töötamisel toetuspunkt, kus tungide rakenduspunktid ja õlad? Mis liiki kangid on kujutatud joonisel 44?

2. Mis kasu on kaelkookudest? Kas nendega on kergem kanda?

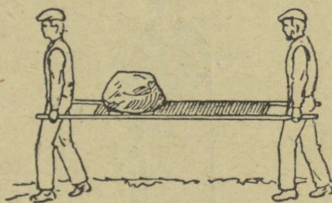
3. Kummal töölisel on 42. joonisel kujutatud vahepuus kandmine kergem ja mitu korda?

4. Kuidas tuleb asetada asi kandraamile, et ühel oleks kolm korda kergem kanda kui teisel? Kummal on 43. joonise järgi kergem kanda ja mitu korda?

5. Mis liiki kang on harilik kangkaal? Mispärast on kangkaalul õlgade pikkused võrdsed? Kas on võimalik õieti kaaluda ka mitte-võrdsete õlgadega kaalude abil? Missuguse raskusega vihid on vajalised, et kaaluda asju igasuguses raskuses?

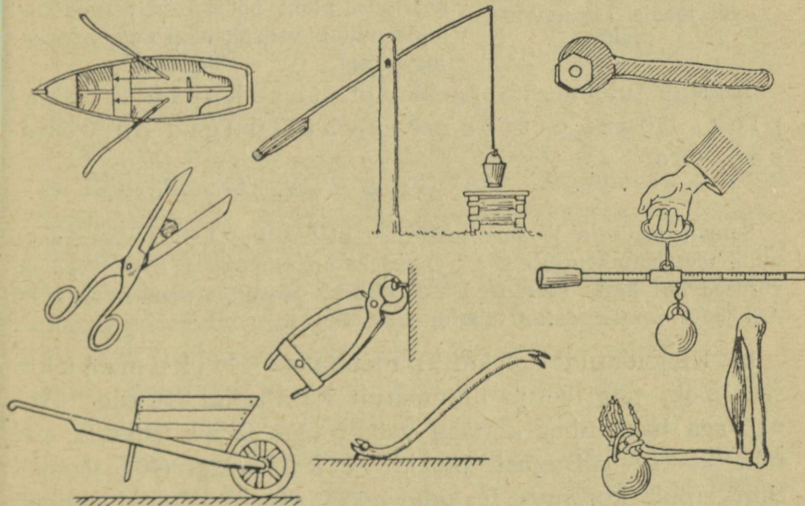


42. joonis. Vahepuus kandmine.



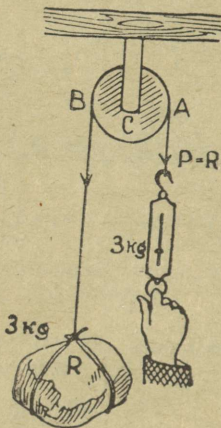
43. joonis. Kandraamil kandmine.

6. Kuulus vanaaja teadusmees Archimedes olevat öelnud: „Andke mulle toetuspunkt — ma tõstan üles Maa.“ Kas on see ütlus millegagi põhjendatud?



44. joonis. Mitmesuguseid kangi rakendusi. Kus on nende kangide toetuspunktid ja õlad?

34. Plokid. a) Töötegemisel on tungi rakendamine ühes suunas sagedasti lihtsam ning hõlpsam kui teises. Näiteks kottide ülesvinnamisel kuivatises, veskil, mulda tõstes kaevu-



45. joonis. Liikumatu plokk.

tegemisel jne. on meil palju lihtsam tõmmata nööri ült alla kui otse alt üles. Töötegitja tungi mõjumissuuna muutmiseks tarvitame ploki (45. joon.).

Plokk on keskelt läbimineva telje ümber vabalt pöörduv ketas; tema äärele tehtud soonest käib üle nöör. Nööri ühes otsas ripub koormus R (kivi); nööri teisest otsast tõmbame vedrukaalu abil, et hoida koormust tasakaalus.

Riputada mitmesuguse raskusega koormusi ploki nööri otsa ja vaadata, mida näitab vedrukaal nende tasakaalustamisel.

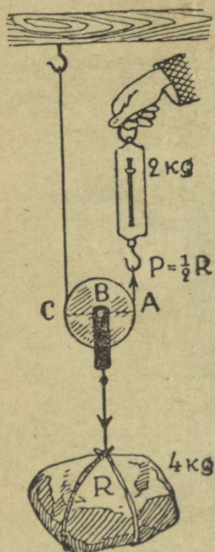
Katsete tulemusena näeme, et tasakaalu korral ploki nööri otstes mõjuvad tungid on võrdsed, s. o.

$$P = R.$$

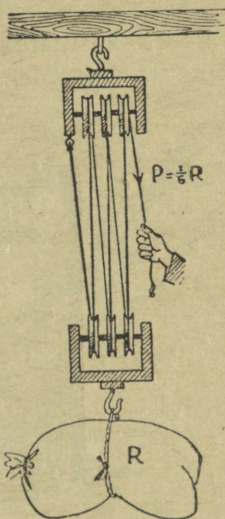
Samale otsusele jõuame vaadeldes ploki kui kahepoolset kangit, mille toetuspunkt asub C-s. Ölgadeks on siin AC ja BC. Nad on võrdsed kui ketta raadiused. Järelikult peavad olema võrdsed ka A-s ja B-s rakendatud tungid, s. o. $P = R$.

b) Kirjeldatud ploki nimetatakse liikumatuks, sest ploki telg toetub liikumatult kinnitatud hargile. Anab aga hark ühes kettaga vabalt üles ja alla liikuda, siis nimetatakse niisugust ploki liikuvaks (46. joonis). Siin ripub koormus R kahe nööri otsas. Kumbki neist kannab poole koormuse raskusest. Seega: liikuva ploki tasakaalu korral võrdub tasakaalu

lustav tung koormuse raskuse poolega,
s. o. $P = \frac{1}{2} R$.



46. joonis. Liikuv plokk.



47. joonis. Liitplokk ehk tali.

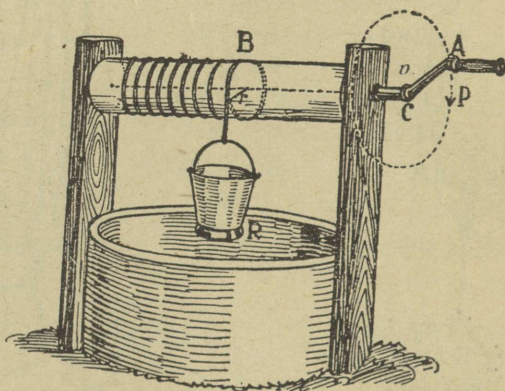
c) Ühe liikuva ploki juures on tasakaalustav tung 2 korda väiksem koormuse raskusest. Tahame tasakaalustavat tungi veelgi vähendada, tuleb ühendada järjestikku mitu liikuvat plokki. Sel teel saame nn. liitploki ehk **polüspasti**, mida tarvitatakse suurte koormuste tõstmisel. 47. joonisel kujutatud liitplokkis on kummaski hargis ühendatud 3 plokki. Koormus R ripub siin 6 nööri otsas, mis kõik on ühteviisi pingul. Järelikult tasakaalustav tung $P = \frac{1}{6} R$.

Seda liiki polüspastis võrdub nööri arv ploki ketaste arvuga. Seepärast on alati lihtne arvutada tasakaalustava tungi P suurust. Selleks tuleb koormuse raskus jagada ploki ketaste arvuga.

1. Kui palju peab nööri otsast P allapoole tõmbama, et koormus R tõuseks 1 m võrra?

2. 47. joonisel kujutatud polüspasti otsas rippuv viljakott kaalub 96 kg. Kui tugevasti tuleb selle ülesvinnamisel nööri otsast tõmmata?

35. Pööra kasutatakse meil harilikult kaevust vee vinnamiseks (48. joonis). Ta koosneb võllist (B) ja temaga



48. joonis. Pöör.

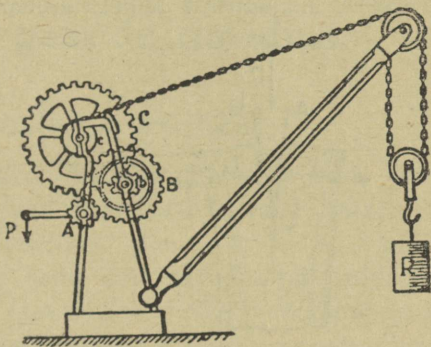
ühendatud rattast või vändast. Võlli ümber käib nöör, mille otsas ripub veepang. Veepange raskus R ja vänta ümberajav tung P püüavad pöörda võlli teine teisele poole. Missuguseil tingimustel tasakaalustab tung P pange raskuse R? Joonisel kujutatud asendis võime vaadelda pööra kui kahepoolset kangi, mille õlgadeks on võlli raadius r ja vända pikkus p . Tasakaalu korral peab olema $Pp = Rr$. Siit järgneb: vänta ümberajav tung P on nii mitu korda **väiksem** koormuse raskusest R, kui mitu korda on vända pikkus p **suurem** võlli raadiusest r .

Vända pikkus on võlli raadiusest 3 korda suurem. Mitu korda on P R-ist väiksem?

Sagedasti tarvitatakse pöörde ühendusi hammasrataste abil. Sei teel saavutatakse veel suuremat võitu tasakaalustava tungi suuruse poolest. 49. joonisel on kujutatud pöörde ühend, mida kutsutakse tõstemasinaks ehk kraanaks. Teda kasutatakse suurte koormuste tõstmiseks ehituste juures ja laevade laadimisel.

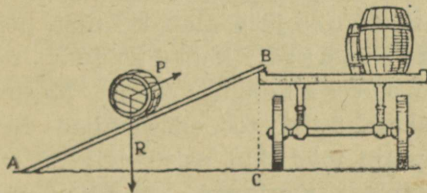
Mitu korda on tasakaalustav tung P tõstetavast koormusest (R) väiksem?

36. Kaldpind, kiil ja kruvi. a) Kaldpinda kasutatakse suurte koormuste tõstmisel, näiteks vaadi vankrile veeretamisel (50. joonis). Tema abil saame suurt koormust — vaadi raskus R — tasakaalustada palju väiksema tungiga P .



49. joon. Kraana.

Nagu katseist selgub, on tasakaalustav tung (P) seda väiksem, mida pikem on kaldpind (AB) võrreldes kõrgusega (BC). Kui näiteks kaldpinna pikkus on kõrgusest 3 korda suurem, siis võrdub tasakaalustav tung ainult $\frac{1}{3}$ -ga koormuse raskusest.



50. joonis. Kaldpinna kasutamine vaadi veeretamisel.

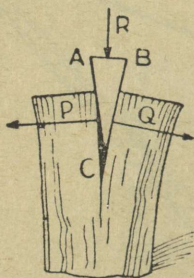
Mispärast on koormat raskem vedada mäest üles kui tasasel teel?

b) Kiilu tarvitame puu- ja kivilõhkumisel, laudade ligiajamisel pörandapanekul, kirve ja vasara varre otsapanemisel jne., üldse suure küljerõhumise tekitamisel. Ka kirves, nuga, peitel on tehtud kiilutaoliselt. Rõhumine kiilu silmale (P) andub edasi kiilu külgedele (R). Mida õhem on kiil, seda tugevamat küljerõhumist saame temaga tekitada.

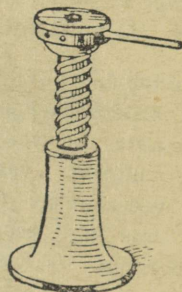
Vahel kargab puulõhkumisel kiil puust välja. Mispärast?

c) Kruvisid tarvitame esjade ühendamisel (puu- ja rauakruvid), samuti riistades, kus on vaja tekitada suurt rõhumist, nagu hõõvelpink, raamatukõitmispress, kopeerimispress, tungraud jne. Ka laevakruvi ja lennuki propeller on ehitatud kruvitaoliselt.

Milleks tarvitatakse tungrauda? Mis on kujutatud tungraual? Kruvipeaks, mis mutriks? Milleks tarvitame kruvikeerajat (kruvitsat)?



51. joonis. Kiil.



52. joonis. Tungraud.

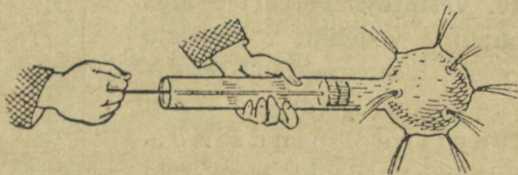
37. Masinate töö. Vaadeldud tööriistad ehk lihtmasinad (kang, plokk, pöör, kaldpind, kiil, kruvi) on abinõud, millega saab ühte tungi teisega tasakaalustada või tööd ühest kohast teise edasi anda. Seejuures jääb alati kehtima põhilause ehk printsiip: masinasse kulutatud töö võrdub alati masinalt saadud tööga. Masinad on ainult erapooletud vahetalitajad, töö edasiandjad. Neilt võime nõuda ainult nii palju tööd, kui palju neile on antud. Tõepoolest aga läheb osa masinasse kulutatud tööst hõõrdumiseks kaduma, nii et tegelikult on masinalt saadud töö alati väiksem masinasse kulutatud tööst. Osa kulutatud tööst, muutudes soojuseks, läheb hõõrdumise kaudu kaotsi.

Vedelike ja gaaside omadusi.

Rõhumisnähtusi vedelikes.

38. **Vedelike üldomadusi.** Vedelikud (nagu vesi, piiritus, petrooleum) koosnevad kergesti-liikuvast osakestest. Seepärast puudub vedelikel oma kindel kuju ning vedelik võtab alati selle anuma kuju, milles ta asub. Vastandina õhule (gaasidele) pole vedelikud kuigi suurel määral kokkusurutavad, neil on oma kindel ruumala. Ka ei püsi vedeliku osakesed paigal, vaid nad on alalises liikumises, sest vedelikud segunevad ja aurustuvad. Osakeste kergest liikuvusest järeldub ka, et vedeliku vaba pind on alati rõhthne; s. o. risti raskustungiga (§ 8).

39. **Rõhumise edasiandumine vedelikus. Pascal'i seadus.** Rõhumine on tungi mõju kehale ta pinna kaudu. Näiteks tool rõhub põrandat toolijala ja põrand kokkupuutumise pinnal, maa sein rõhub oma raskusega maja alusmüüri



53. joonis. Rõhu edasiandumine vedelikus.

jne. Üldse võivad tahked kehad anda edasi rõhumist pea-aegu ainult teatavas suunas. Kuidas vedelikud rõhumist edasi annavad, seda näitab meile järgmine katse (53. joon.).

Õones kera on ühendatud toruga, milles käib tihedalt edasi-tagasi kolb. Täidame riista veega ja rõhume kol-



54. joon. B. Pascal.

viga. Kera augukesist purskuvad nüüd veejoad igas suunas laiali. Kõik joad on ühetugevused; see näitab, et kolvi rõhumine vees andub edasi igas suunas ühteviisi. Sama nähtus kordub ka kõigi teiste vedelikkudega. Tähendab:

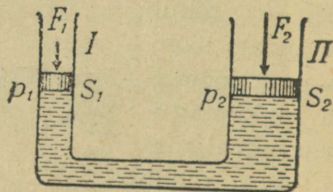
kõik vedelikud annavad rõhumist edasi igas suunas ja ühteviisi.

Selle vedelikkude põhiomaduse avastas prantsuse teadusmees Pascal (1623—1662), mispärast seda ka **Pascal'i seaduseks** nimetatakse.

1. Kuidas annavad rõhumist edasi herved, haavlid, viljaterad salves, linaseemned jt.? Katsuda võrdluseks nende nähtustega selgitada rõhu edasiandumist vedelikes!

2. Tugeva hoobiga vedelikuga täidetud pudeli korgi pihta võib pudeli puruks lüüa. Mispärast?

40. Vesipress. Pascal'i seadus järgneb vedeliku osakeste kergest liikuvusest. Edasi antav rõhumine on võrdeline pindalaga. Kui näiteks vedeliku 1 cm^2 -sele pinnale rõhub tung 1 kg , siis 10 cm^2 -sele pinnale andub see rõhumine edasi juba 10 kg tugevuselt, jne. Sel põhimõttel on ehitatud ja töötab nn. vesi- ehk hüdrauline press.



55. joon. Vesipressi skeem.

Olgu 54. joon. antud vesipressi skeemil II silindri läbilõige S_2 näiteks 100 korda suurem I silindri läbilõikest S_1 . Siis ka tasakaalustav tung F_2 peab olema 100 korda suurem I silindris mõjuvast tungist F_1 . Tahame näiteks II silindri kolviga tekitada hästi suurt rõhumist, siis peame silindrite ristlõikepindade suhte $\left(\frac{S_2}{S_1}\right)$ valima hästi suure.

Rõhumise suurendamiseks väiksemas silindris (I) kasutatakse kangi. Rõhumist edasiandvaks vedelikuks võib olla iga vedelik. Harilikult kasutatakse selleks õlisid.

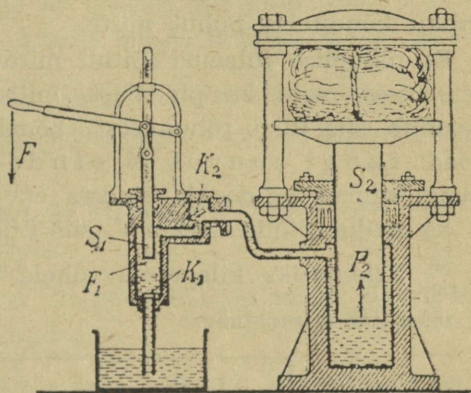
Vesipressiga võib saavutada õige suure rõhumisi (kuni 15 000 tonni). Seejärel kasutatakse

vesipressi ehitusmaterjalide tugevuse proovimisel, kohe date ainete (vill, puuvill, heinad) kokkupressimisel, trüki matriitside valmistamisel jne.

Vaadelda tähelepanelikult 55. joon. kujutatud vesipressi ehitust ja leida joonisest F_2 suurus, kui $F_1 = 50$ kg.

41. Rõhumise mõõtmine. Rõhk. Tahketel kehadel on omadus alal hoida oma kuju ja ruumala, ühel suuremal, teisel väiksemal määral. Seepärast kasutatakse tahkeid kehi tungi mõju edasiandmiseks, olgu see näiteks labida varre, vankri aisa või masina vända näol.

Tungi mõju edasiandmisel on oluline mitte üksnes edasi antava tungi suurus, vaid samuti pindala suu-



56. joonis. Vesipress.

rus, millele tung mõjub. Näiteks suuskadel me püsime lumel, ilma suuskadeta vajume sisse; lamades võime püsida koguni nõrgal jääl, püsti olles aga vajume läbi jää vette; pliitsi tõmbi otsaga vastu paberit rõhudes ei jää sinna jälge, terava otsa puhul aga tekib väike auguke; kitsa rehviga ratas lõhub teed rohkem kui laia rehviga; karkudel kõndides jäävad järele väikesed ümmargused augud, hariliku kõndimise puhul mitte.

Et rõhumise tulemus sõltub mitte üksnes rõhuva tungi suurusest, vaid ka pindalast, mille kaudu see tung rakendub, siis tuleb rõhumisest kõneldes alati anda mõlemad: tungi suurus ja pindala. Harilikult antakse tungi suurus kg-des ja pindala cm^2 -tes. Kui näiteks tung 1 kg mõjub pindalale 1 cm^2 , siis ütleme, et meil on **rõhk** $1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ (loe: üks kilogramm ühele ruutsentimeetrile) ehk

1 tehniline atmosfäär.

$$1 \text{ teh. atm.} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Kuidas lugeda rõhku, mille suurus on: $3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$; $0,5 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$; $12 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$; $10 \frac{\text{mg}}{\text{mm}^2}$; $25 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^2}$?

Teades rõhu suurust, pole raske arvutada kogu rõhumise suurust mõnele antud pindalale. Kui näiteks on teada, et aururõhk katlas on 12 teh. atmosfääri, s. o. $12 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, siis 1 ruutdetsimeetrile (100 cm^2) rõhub $100 \cdot 12$ ehk 1200 kg ja $0,5$ ruutdetsimeetrile $0,5 \cdot 1200$ ehk 600 kg.

Praktikas esineb tarvidus vahel rõhku suurendada, vahel vähendada. Esimesel puhul vähendame pindala suurus, millele tung mõjub (naaskel, nõel, kiil, terariistade lõiketerad), teisel puhul tuleb suurendada rõhumispindala. Kui näiteks autol on vaja sõita liivasel teel (kõrves), siis

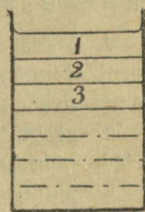
kasutatakse selleks hästi laiapinnalisi kummisid. Eriti suurel määral rakendatakse rõhumispindala suurendamist traktorite ja tankide ehitamisel. Traktori või tanki raskus ei toetu otseselt maapinnale, vaid erilistest tugevatest terastaldadest (kilpidest) koosnevale lindile. Sedaviisi saavutatakse rõhumispindala suurenemine ja ühes sellega rõhu vähenemine, nii et traktor või tank võib liikuda mööda hoopis pehmet, muidu täiesti läbipääsematut pinda.

1. Telliskivi mõõted on: 24, 12 ja 6 cm ning erikaal $1,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Määrata selle telliskivi rõhk horisontaalsele pinnale lapiti, küliti ja otseti asendis!

2. Täiskasvanud inimene (75 kg) toetub põrandale 3 dm² suurusel pinnal. Leida rõhk $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ -tes!

3. Naaskli otsa läbimõõt on 0,2 mm. Leida rõhk $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ -tes, kui rõhuda naasklile 0,6 kg tugevuselt.

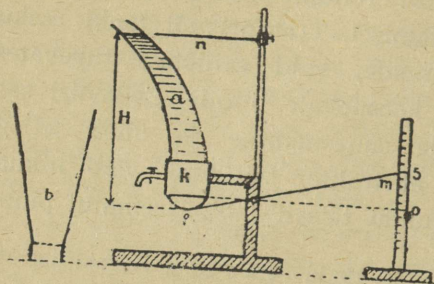
42. Vedeliku rõhumine anuma põhjale. Võtame püstseintega anuma (57. joon.) ja täidame veega. Lahutame vee anumal mõttes üksikuiks rõhtsaiks kihtideks. Kiht 1 rõhub oma raskusega kihti 2, kiht 2 annab kihile 3 edasi 1. kihi rõhumise (Pascal'i seadus), samuti ka oma raskuse rõhumise. Nõnda edasi arutades järeldame, et anuma põhjale mõjub rõhumine vee kogu raskuse suuruses. Sama mõttekäik on õige iga püstseintega anuma ning iga teise vedeliku kohta.



57. joon. Rõhumine põhjale.

Vaatame nüüd, kuidas mõjutab rõhumist anuma põhjale anuma kuju. Selleks teeme järgmise katse (58. joon.).

Lahtise silindri k põhja külge on kleebitud õhuke kummikelme,



58. joon. Rõhumine põhipinnale ei sõltu anuma kujust.

sama nivoo kõrguse H juures tõuseb kangi ots m skaalal ühele ja samale kõrgusele.

Sellest katsest järeldame, et vedeliku rõhumine põhjale ei sõltu anuma kujust, vaid ainult põhipinna ja ta sügavuse suurusest ning vedeliku erikaalust. Rõhumine põhjale võrdub alati selle vedeliku püstsamba raskusega, mille aluseks on anuma põhi ja kõrguseks põhja keskmine sügavus.

1. Pudel, mille põhja läbimõõt 5 cm, on täidetud 18 cm kõrguseni elavhõbedaga. Leida elavhõbeda rõhumine põhipinnale! Kui suur oleks piirituse rõhumine samadel tingimustel?

2. Mõõtklaas on täidetud 20 cm kõrguseni väävelhappega. Leida rõhk põhjale!

3. Kuidas on võimalik väikese vedelikuhulgaga tekitada anuma põhjale suurt rõhumist?

43. Vedeliku rõhumine anuma küljele. Turbiinid. Et vedelik Pascal'i seaduse põhjal annab edasi rõhumist igas suunas ja ühte viisi, siis ei rõhu vedelik oma raskuse mõjul mitte üksi ülevalt alla, vaid igas suunas, s. o. küljele, alt üles jne.

pealtpoolt võib silindri külge kruvida mitmekujulisi klaasanumaid (a, b jne.). Kui kallame vett nivoo n anumasse, venib kummikelme veerõhumise mõjul välja ja lükkab temaga kokkupuutuva kangikese $1m$ otsa alla. Kangi teise otsa tõusu loeme skaalal.

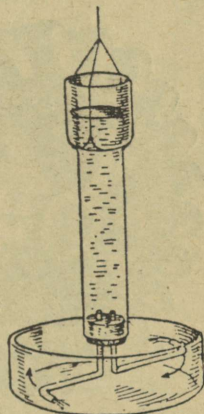
Mitmekujulisi anumaid silindri k külge kruvides näeme, et

Vedeliku rõhumist anuma küljele näitavad 59. ja 60. joonisel kujutatud katsed. Mõlemas hakkab anum liikuma vee väljavoolamise suunale vastupidises suunas, sest avause kohal puudub külgliseina vasturõhumine. Viimane neist riistadest kannab **segneri ratta** nime.

Segneri ratta põhimõttel on ehitatud tööstuses tarvitavad **vesiturbiinid** (61. joon.). Ülespaisutatud vesi juhitakse turbiini, kus ta üksikuks tugevaiks jagadeks jaguneb ja alt välja voolates turbiini pöörlema paneb. Turbiin võimaldab langeva vee jõudu põhjalikumalt kasutada kui vesirattad. Seepärast tarvitataksegi kõigis

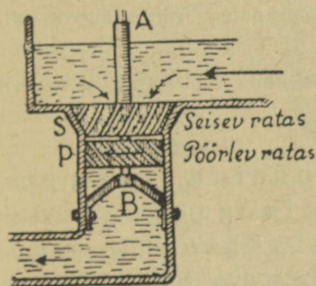


59. joon.



60. joon.
Segneri ratas.

suuremais ja paremais tööstusis vesirattaste asemel turbiine. Nõukogude Eestis töötavad eriti tugevajõulised turbiinid (1200 h.-j.) Narva kosele ehitatud vabrikuis. Vee langemine on siin keskmiselt 8,5 m.



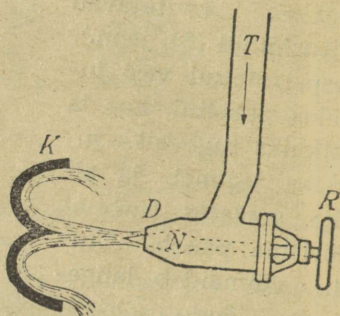
61. joon. Vesiturbiin.

Nõukogude Liidus ehitatakse viimasel ajal elektrijõujaamade jaoks hiiglasuuri (kuni 90 000 h.-j.) vesiturbiine, mis ületavad kõik turbiinid Euroopas ja lähenevad suurimaile turbiinidele Ameerikas.

Väikese veehulga ja suure rõhumise puhul (vee langemine 100 m ja enam) kasutatakse vesiturbiine 62. joon. näidatud kujul. Tugev silindriline veejuga juhitakse vastu rõhttelje ümber pöörleva turbiiniratta lusika-

taolisi kühvleid. Veejuga annab oma kineetilise energia turbiinirattale ja paneb ta pöörlema. Vee juurdevoolu reguleeritakse nõela N abil.

Peale vesiturbiinide tarvitatakse veel auruturbiine. Siin paneb turbiini pöörlema turbiinist väljavoolav aur.

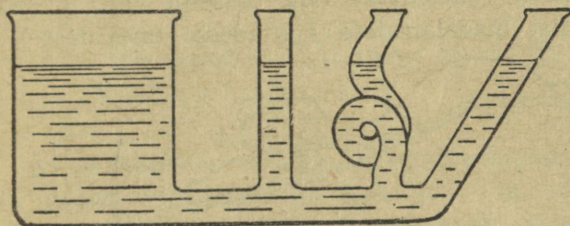


62. joon. Peltoni vesiturbiin.

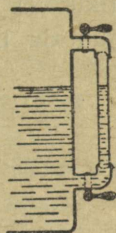
1. Ehitada endale segneri ratas lambiklaasist (lisaks kork, klaastoru, niit)!
2. Leida vee rõhk atmosfäärides kõige sügavamas mere põhjas (10 800 - m)!
3. Kala tõusis järve põhjast 6 m veepinnale lähemale. Kui palju vähenes rõhumine kala keha välispinnale, mille suurus on $1,5 \text{ dm}^2$?
4. Kui suure rõhumise all on inimese keha (välispind $\sim 2 \text{ m}^2$) vees 1,5 m sügavusel?

44. Ühendatud anumad. Ühendatud anumais, mis täidetud sama vedelikuga, on vedeliku vabapind (nivoo) alati rõhtne (63. joon.), sest muidu poleks ka anumaid ühendava toru läbilõikes rõhumine mõlemalt poolt ühesuurune.

Seletada ühendatud anumate omaduse põhjal järgmiste riistade ja seadiste tarvitamist: aurukatla veeklaas (64. joon.), loodimisriist ehk nivelliir, purskkaev ja kohvikann.



63. joon. Ühendatud anumad.

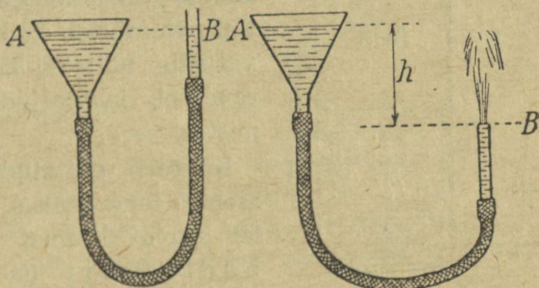


64. joon. Auru-
katla veeklaas.

45. Vesivarustus. Vett leidub vabas looduses igal pool: järvedes, jõgedes ja allikates. Sellest hoolimata on majapidamiste ning tööstuste veega varustamine küllaltki kulukas ja keeruline ülesanne. Vaatame, kuidas seda tehakse.

Ühendame klaaslehtri kummitoruga ja täidame veega, nagu 65. joon. näha.

Ühendatud anumate omaduste põhjal on vee tase mõlemal pool toru otsas (A ja B) ühe kõrgusel. Kui laseme toru otsa B madalamale (66. joon.), siis purskub



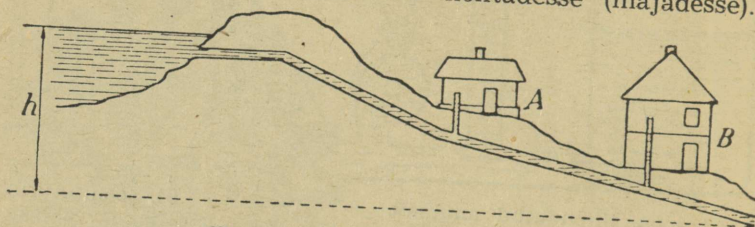
65. joon.

66. joon.

vesi otsast B välja, ja seda tugevamini, mida madalamale asetada toru B ots, võrreldes veetasemega lehtris A. Vesi püüab otsast B purskuda samale kõrgusele, kui asub vee-

tase lehtris A. Purske tugevus oleneb A ja B nivoode vahest h .

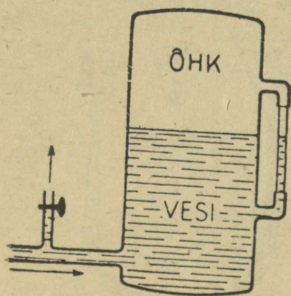
Eelmine nähtus on aluseks vesivarustuse ehitamisel juhul, kui on võimalik kasutada kõrgemalasuva loomuliku või kunstliku veetagavara ehk basseini vett ja seda juhtida basseinist madalamaisse kohtadesse (majadesse).



67. joon. Vee juhtimise skeem.

Nii näiteks saab Tallinna linn oma vee Ülemiste järvest, mis asetseb Tallinna all-linnast umbes 30 m kõrgemal.

Kui säärane kõrgemalasuva loomulik veetagavara puudub, siis tuleb pumbata vesi kunstlikult kõrgemale ehitatud reservuaaridesse ehk veetornidesse, kust torustiku kaudu vesi tarvitaja kätte juhitakse. Sel põhimõttel on korraldatud vesivarustus näiteks Tartus, Viljandis, raudteel ja paljudes eramajapidamistes.



68. joon. Hüdrofoor.

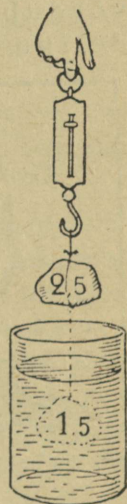
Kõrgele ehitatud veereservuaari asemel tarvitatakse sageli ka madalal asuvat kinnist reservuaari ehk hüdrofoori (68. joon.), millest kokkusurutud õhk vee igale poole laiali surub.

Nõukogude Liidus on kõige vanem vesivarustus Moskvas (ehit. 1855—1858). Enne Suurt Oktoobrirevolutsiooni oli vesivarustus 266 linnas, esimese sotsialistliku viisaastaku kestel töötas veevärk 326 linnas.

1. Kuidas on ehitatud meie kooli veevärk?
2. Kus on veerõhumine torustikus suurem: kas majas A või majas B (67. joon.)?
3. Kui nivoode vahe $h = 20$ m, kui kõrge (teoreetiliselt) purskkaevu saaksime siis teha? Mispärast tegelikult vesi purskub märksa madalamale?
4. Vee rõhk veevärgi kraani otsas on $1,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$. Leida vee nivoo kõrgus reservuaaris kraani suhtes!

46. Archimedese seadus. Laseme puutüki vette kukkuda. Ta liigub langemishooga esiti vee alla, pärast aga ujub pinnale. Samuti suplemisel end õhku täis tõmmanud ja vette laskunud, langeme esialgu põhja, kuid varsti ker-kime üles pinnale. Rasked laevad püsivad vee peal. Kuidas seletada sääraseid nähtusi? Mis tasakaalustab vees ujuvate kehade raskust? Kui hoiame käes kivi, siis teame, et käe lihastetung rõhub kivi alt üles ja tasakaalustab ta raskust. Vees ujuvate kehade raskust peab järelilikult vesi ise tasakaalustama, sest teist tuge siin pole. Küsimuse lähemaks selgitamiseks teeme järgmise katse.

Riputame vedrukaalu otsa kivi, mis kaalub näiteks 2,5 kg (69. joon.). Nüüd laseme kivi kaalu otsas rippudes vette. Kaal näitab vähem — ainult 1,5 kg. Vees on kivi 1 kg võrra kergemaks jäänud, s. o. vesi rõhub seda kivi alt üles 1 kg tugevuselt. Sääraseid katseid ka teiste kehadega tehes näeme, et iga keha on vees kaaludes kergem, keha nagu kaotaks vees kaaludes osa oma kaalust.



69. joonis.

Lähemad tähelepanekud näitavad, et keha kaalu-kaotus vees võrdub keha poolt välja tõrjutud vee kaaluga. Seda pole raske kindlaks teha

katse teel. Täidame anuma ääreni veega ja laseme katses tarvitatud kivi ettevaatlikult sinna sisse. Osa vett voolab nüüd üle anuma ääre välja. Kui palju nimelt? Kogume ülevoolanud vee kokku ja kaalume ära. Selgub, et see kaalub just 1 kg, tähendab niisama palju, kui palju kaotas kivi oma kaalust vees kaalumisel.

Mitte ainult vesi ei rõhu temasse asetatud kehi alt üles, vaid sama omadus on ka kõigil teistel vedelikel, näiteks petrooleumil, piiritusel, elavhõbedal jne. Seepärast võime leitud korrapärasuse kõigi vedelikkude üldise omadusena sõnastada järgmiselt: **iga vedelikku asetatud keha kaotab oma kaalust nii palju, kui palju kaalub selle keha poolt väljatõrjutud vedelik.** Keha kaalukaotuse põhjuseks on vedeliku altrõhk ehk üleslükke kehale, mis võrdub selle keha poolt välja tõrjutud vedeliku kaaluga.



70. joonis. Archimedes.

Archimedes

(287—212 e. m. a.), suuri-
maid vanaaja teadusmehi.
Rahvuselt kreeklane, sün-
dis ta Sürakuusa linnas
Sitsiilias ja elas seal kogu
aja. Archimedes olevat
ehitanud kuni 40 mitme-
sugust uut masinat. Ta on
kangide ja teiste lihtmasi-
nate tasakaalu seaduse
ning vedeliku üleslükke
seaduse avastaja; ka mää-
ras ta esimesena π suu-
ruse ja arvutas ringi
pindala. Kui roomlased pii-
rasid Sürakuusat, aitas
Archimedes mitmesuguste
uute masinate abil edukalt
kaitseda oma kodulinna.

Käsiteldud vedelikkude omaduse ehk seaduse avastas kreeklane Archimedes, seepärast nimetatakse seda seadust tema nime järgi **Archimedese seaduseks**.

Kuidas Archimedes üleslücke seaduse olevat avastanud, selle kohta räägitakse: Sürakuusa kuningas Hiero teinud Archimedesele ülesandeks järele uurida, kas tellitud kuldkroon on tõepoolest puhtast kullast. Kord vannis olles pannud Archimedes tähele, et vesi rõhub teda alt ülespoole. Selle nähtuse üle järele mõteldes leiutanud Archimedes viisi, kuidas kuninga poolt antud ülesannet lahendada. Archimedes olevat sellest leiutusest sedavõrd rõõmsaks saanud, et koguni riietumata mööda tänavat koju jooksnud, seejuures kõvasti hüüdes „heureka, heureka“, see tähendab: leiutasin!

1. Seletada, kuidas kalad vees tõusevad üles pinnale ja laskuvad põhja.

2. Neljakandiline puutükk on 20 cm pikk, 10 cm lai ning 4 cm paks ja kaalub 600 g. Kui sügavalt seisab ta vees?

3. Kui palju kaalub 50-kg kivi vees, kui selle erikaal on $2,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$?

4. Jää keskmine erikaal on umbes $0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Kui suur osa vees ujuva jäätüki ruumalast on allpool ja kui suur osa pealpool veepinda?

5. Kui palju kaalub lootsik, mis surub välja 120 kg vett.

47. Ujumine. Archimedese seadus võimaldab meil seletada ujumise nähtust. Raskus tõmbab iga keha allapoole, põhja, vee rõhumine (üleslüke) surub aga keha alt üles. Kas keha vees põhja vajub või pinnale ujub, oleneb sellest, kumb on suurem: kas keha raskus või üleslüke. Kui keha raskus on suurem väljatõrjutud vee kaalust (üleslükkest), langeb keha põhja, näiteks kivi, raud, seatina jne. On aga raskus väiksem väljatõrjutud vee kaalust, siis ujub see keha pinnale, näiteks kuiv puu, kork, jää jne. Vahel võrdub raskus üleslükkega, siis on keha vees tasakaalus igas kohas, näiteks vettinud puu.

Kõiki neid kolme juhtu on kerge tähele panna kanamuna abil. Värske muna vajub vees põhja. Muudame vee erikaalu, lisades

soola, — muna seisab igas kohas tasakaalus. Lisame veel soola — muna kerkib pinnale, ujub.

Kui keha ujub pinnal, siis väljatõrjutud vee raskus (allpool veepinda oleva keha osa ruumala suuruses) võrdub alati ujuva keha koguraskusega. Seepärast, mida tugavamini on koormatud laev (paat), seda sügavamalt istub ta vees. See on vajaline suurema altrõhu saamiseks.

Nüüd selgub, mispärast määratu rasked rauast laevad koos masinate ja koormaga püsivad veepinnal ega lange põhja. Laevad oma suure kerega tõrjuvad välja suure hulga vett. Iga kuupmeeter väljatõrjutud vett kaalub 1 tonn. On väljatõrjutud vee hulk näiteks 1000 kuupmeetrit, siis võrdub vee altrõhk 1000 tonniga ja laev ühes kogu laadungiga kaalub samuti 1000 tonni.

Kõik veesõidukid (paadid, lodjad, aurulaevad, allveepaadid jt.) põhinevad Archimedese seadusel, sest iga sõiduki raskust tasakaalustab väljatõrjutud vee üleslüke. Allveepaadid liiguvad nii vee all kui ka vee peal, tähendab, nad peavad suutma muuta tarbekorral oma raskust. Seda teostatakse eriliste veekambrite abil, mis pealveesõidu puhul veest tühjaks pumbatakse ja allveesõiduks jälle vett täis lastakse. Sedaviisi saab allveepaat reguleerida oma raskust ja sõita vajaduse kohaselt kas vee peal või vee sees.

Sõjaasjanduses kasutatakse ka vee peal sõitvaid autosid (amfiibauto) ning tanke. Neid hoiavad vee peal veekindlad alused (gondlid). Samuti püsivad vee peal üleslükke mõjul pontoonid (ujukid) ja meremärgid (boid).

Suurt tüli teeb vee üleslüke vee all töötajaile — tuukritele. Kuidas sellest üle saadakse?

Laeva suurust hinnatakse tonnides. Kuid laevatonn ei tähenda meetermõõdustiku tonni. Laevatonn on 100 inglise kuupjalga ehk 2,8 kuupmeetrit. Kui näiteks laev surub välja 280 kuupmeetrit vett, siis on selle laeva suurus 100 tonni.

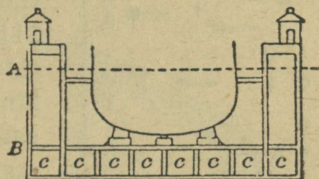
1. Nimetada kehi, mis vees kas ujuvad, on tasakaalus või vajuvad põhja.

2. Missugused kehad ujuvad elavhõbeda pinnal ja missugused vajuvad temas põhja?

3. Kui suur osa inimese keha ruumalast vajuks elavhõbedasse temas ujudes?

4. Kus seisab laeva kere sügavamal vee sees: kas jões või meres?

5. 71. joon. kujutab ujuva dokki läbilõiget. Kui kambriid c vett täis lasta, vajub dokk vette joone A sügavuseni. Siis tuuakse laev dokki, asetatakse paika ja pumbatakse kambreist c vett nii palju välja, et dokk ühes laevaga kerkiks nivooi B. Nüüd on töö-



71. joon. Ujuv dokk.

listel võimalik igale poole laevakerale juurde pääseda. Oletame, et iga kambri kõrgus ja laius on 33 m. Kui pikk peaks olema siis dokk, mis ülal hoiaks ookeanilaeva, mille raskus on 50 000 tonni?

48. Areomeetrid. Vedeliku erikaalu kiireks leidmiseks tarvitatakse nn. areomeetreid. Archimedese seaduse põhjal teame, et keha on vedelikus tasakaalus, kui keha kaal võrdub väljatõrjutud vedeliku kaaluga. Sama keha langeb kergemas vedelikus sügavamale kui raskemas. Nii siis võime otsustada vedeliku erikaalu üle selle põhjal, kui sügavale vajub temas antud keha. 72. joonisel kujutatud areomeeter polegi muud kui sellekohaselt valmistatud ja vastava skaalaga riist, mille suurem või väiksem sissevajumine vedelikus näitab meile erikaalu.



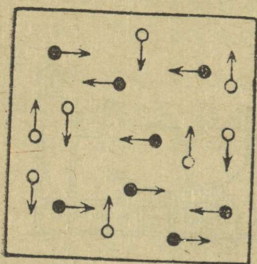
72. joon. Areomeeter.

1. Mispärast seisab areomeeter vedelikus püsti ega vaju küljeli?

2. Kuidas on võimalik valmistada areomeetrit katseklaasist?

Rõhumisnähtusi gaasides.

49. **Gaaside üldomadusi.** Gaasidel (õhk, süsihappe- ning valgustusgaas) samuti kui vedelikelgi puudub kindel kuju. Nad koosnevad väikestest osakestest, molekulidest, mil- lede vahel ei ole märgata sidet. Gaasi molekulid on alatises liikumises, mis järeldub gaa- side segunemistähtustest (samasse kinnisesse anumasse kaks erisugust gaasi juhtides saame nende ühtlase segu; lõhnade levimine, karm, val- gustusgaas jne.).



73. joon. Gaasi mole- kulid on alatises liiku- mises.

Gaasi molekulide liikumise kiirus on võrdlemisi suur: nii näiteks 0° juures on vesiniku molekuli kiirus $1700 \frac{\text{m}}{\text{sek}}$,

hapniku molekuli $\sim 450 \frac{\text{m}}{\text{sek}}$ jne. Võrdluseks peame meeles, et kahurikuuli kiirus on umbes $900 \frac{\text{m}}{\text{sek}}$.

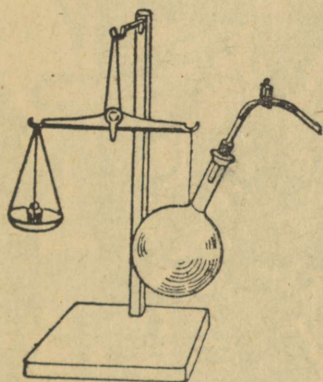
Lihtsad katsed näitavad (nimetada mõned!), et gaasid on kergesti kokkusurutavad, s. o. molekulide- vaheline ruum on võrreldes molekulide endi ruumalaga nähtavasti väga suur. Tähendab, gaasidel puudub kindel ruumala. Nõnda siis võime kujutella gaasi koos- nevana suurest hulgast molekulidest, mis liiguvad ruumis vabalt suure kiirusega. Sellest siis ka gaaside omadus lõp- mata paisuda ja täita ühtlaselt ruumi kinnises anu- mas. Gaasiosakeste liikumisest tuleb ka gaasi rõhumine anuma seinale.

Samuti kui vedelikud annavad ka gaasid rõ- humist edasi igas suunas ja ühteviisi (Pas- cali seadus), mida on kerge näidata joonisel kujutatud riis- taga, tarvitades vee asemel suitsu.

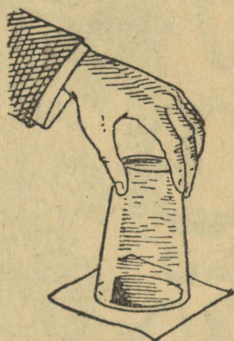
Nimetada mõned gaaside, vedelikkude ja tahkete kehade ühised ning mõned erilised omadused!

50. Õhu kaal. Aineosakesed, milledest gaasid koosnevad, tungivad samuti maa poole kui tahkete ja vedelate kehad aineosakesed. Tähendab, gaasid omavad kaalu, neid võib kaaluda, ehkki tahkete ja vedelate kehadega võrreldes on gaasid väga kerged.

Õhu kaalutavust võime näidata järgmise katse abil (74. joon.).



74. joon. Õhu kaalumise.



75. joon. Õhu rõhumine ei lase veel klaasist välja voolata.

Imeme keedupudelist osa õhku välja ja suleme näpitsa abil toru nõnda, et sinna õhku sisse ei pääseks. Nüüd tasakaalustame keedupudeli kaaludel. Näpitsat avades läheb õhk vihisedes keedupudelle ning tasakaal muutub. Kuidas? Mispärast?

Täpsed mõõtmised näitavad, et **1 liiter õhku kaalub normaaltingimustes (temp. 0° , rõhumine 76 cm) 1,293 grammi ($\sim 1,3$ g).**

1. Mitu kg kaalub meie klassiruumi täis õhku normaaltingimustes?
2. Mitu korda on õhk normaaltingimustes veest kergem?
3. Kui palju kaalub õhk inimese keha ruumala suuruses?

51. Õhu rõhumine. Maad paksu kihina (üle 300 km) ümbritsevat õhku nimetame Maa õhkkonnaks ehk atmosfääriks. Meie elame atmosfääri, õhumere, põh-



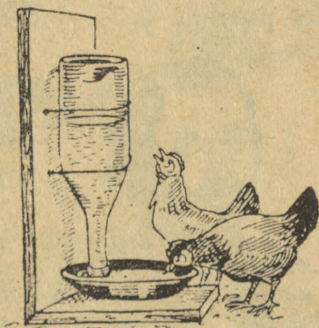
76. joon. See pilt on võetud Otto von Guericke raamatust „Uued Magdeburgi katsed tühja ruumi

jas. Õhkkonna ülemised kihid rõhuvad oma raskusega alumisi kihte ja nõnda järjest edasi kuni maapinnani.

Pascali seadus on kehtiv ka gaaside kohta ning gaasidel on raskus; seepärast ülemiste kihtide raskuse mõjul kokkusurutud õhk rõhub iga keha, millega ta kokku puutub, ja mitte ainult ülalt alla, vaid igas suunas. Samuti kui vedelikuski, sõltub õhurõhu suurus kõrgemal oleva õhusamba raskusest.



77. joon. Magdeburgi poolkerad.



78. joon. Kanade jooginõu.

Õhu rõhumist tõestavad järgmised katsed:

1. Täidame klaasi ääreni veega, katame papitükiga ja pöörame ümber (75. joon.). Vesi ei voola välja, ka siis mitte, kui tugevasti raputada ja klaas küljeli pöörata.

2. Magdeburgi poolkerasid (vt. 77. joon.), mis tihedalt kokku pandud ning õhust võimalikult tühjaks pumbatud, võib lahti tõmmata ainult tugeva tõmbega.

3. Plekktöös, millest õhku välja pumbatakse, langeb raginaga kokku; õhukeste seintega kummitoru aga, kui temast õhku välja imetakse või pumbatakse, surutakse õhu rõhumise mõjul paelaks kokku.

4. Täita pudel veega, pöörata ümber ja asetada otsapidi vette. Vesi ei voola pudelist välja. Mispärast? Mis juhtub siis, kui puurida pudeli põhja auk?

5. Õlekõrre abil võib vett, limonaadi jne. imeda. Seletada, kuidas seda teeme!

6. Mispärast peavad linnud (koerad) teistviisi jooma kui inimene (hobune)?

7. Seletada, kuidas töötab 78. joon. kujutatud kanade jooginõu!

52. Torricelli katse. Nähtuste hulka, mida seletame õhu rõhumise abil, kuulub ka vee tõusmine pumbatorus, kus tõusva kolvi taha jääb tühi ruum, mis täitub veega. Vanad kreeklased ja roomlased oletasid selle nähtuse seletuseks, et „loodus kardab tühja ruumi“. See seletus püsis Galilei päevini.

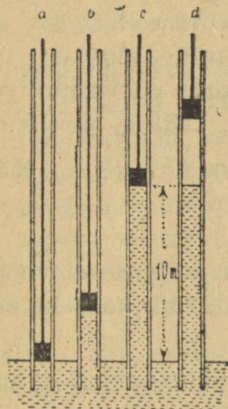


79. joon. Evangelista Torricelli
(1608—1647).

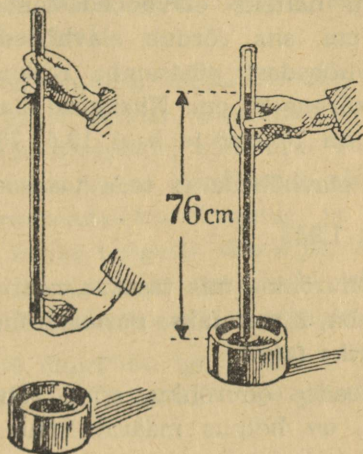
Aastal 1640 leidis Toscana hertsog, kes Firenze lähedal ehitas endale sügavat kaevu, et vesi ei tõuse pumbatorus kõrgemale kui umbes 10 m veepinnast (80. joon.). Imelikule nähtusele seletuse saamiseks pöördui elatanud Galilei poole, kes arvas, et vee tõusmise põhjuseks pumbatorus on õhu rõhumine. Galilei suri (1642, a.) enne, kui ta suutis oma arvamusi katseliselt tõestada. Selle töö viis lõpule Galilei õpilane Torricelli.

Torricelli mõttekäik oli järgmine: Kui õhu rõhumine suudab hoida ülal veesamba, mille kõrgus on 10,3 m, siis peab elavhõbeda-samba kõrgus olema 13,6 korda väiksem, s. o. $10,3 \text{ m} : 13,6 = 76 \text{ cm}$, sest elavhõbeda eri-

kaal on vee omast 13,6 korda suurem. Selle tõestuseks tegi Torricelli 1643. a. katse, mis praegugi kannab tema nime (81. joon.).



80. joon. Vee tõus pumbatorus.



81. joon. Torricelli katse.

Umbes 80 cm pikkune klaastoru täidetakse elavhõbedaga, kaetakse toru lahtine ots sõrmega, pööratakse ümber ja pistetakse otsapidi elavhõbeda-anumasse. Sõrme ära võttes langeb elavhõbe torus veidi allapoole ja jääb seisma umbes 76 cm kõrgusele, arvates elavhõbeda pinnast anumasse.

Õhk rõhub elavhõbeda pinnale anumasse. Pascali seaduse järgi andub pinnasse mõjuv rõhumine elavhõbedas edasi igas suunas ühteviisi, tähendab, ka toru sisse, ja hoiab ülal elavhõbeda-samba.

Õhurõhu muutumisega muutub ka elavhõbeda-samba kõrgus Torricelli katses. Maapinnast kõrgemale tõustes väheneb loomulikult õhurõhk, järelikult ka elavhõbeda-samba kõrgus. Selle tähelepaneku tegid esimestena Pascal ja ta sugulane Perrier 1648. a.

1. Kui pikk vähemalt peaks olema toru, et temaga saaks teha Torricelli katset petrooleumi abil?

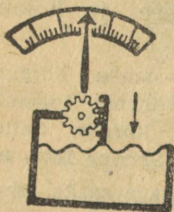
2. Kuidas on elavhõbeda-samba kõrgus Torricelli katses toru kujust ja asendist?

53. **Õhurõhu suurus.** Torricelli katse annab lihtsa abinõu õhurõhu suuruse määramiseks, nimelt: õhurõhk võrdub tema poolt tasakaalustatud elavhõbeda-samba rõhuga. Olgu näiteks elavhõbeda-samba kõrgus Torricelli katses 76 cm, siis võrdub elavhõbeda rõhumine iga cm^2 peale elavhõbedast püstsamba raskusega, mille alus on 1 cm^2 ja kõrgus 76 cm. Niisuguse elavhõbedast püstsamba ruumala on 76 cm^3 ja kaal $13,6 \cdot 76$, s. o. 1033 g , järelikult on siis elavhõbeda ja teda tasakaalustava õhu rõhk $1033 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$ ehk $1,033 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$.

Õhurõhku, mis tasakaalustab 76 cm kõrguse elavhõbeda-samba, nimetatakse **normaalrõhuks** ehk **füüsikaliseks atmosfääriks (atm)**.

Teades õhurõhku, s. o. rõhumist ühele ruutsentimeetritele, on hõlpus määrata õhu rõhumise suurust millisele tahes pindalale.

1. Võrrelda atmosfääri normaalrõhku tehnilise atmosfääriga ($1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$).
2. Kui tugevasti rõhub õhk inimese keha välispinda, mille suurus on 2 m^2 ? Mispärast me seda rõhumist ei tunne?
3. Arvutada atmosfääri kõrgust, eeldades, et õhu tihedus on igal pool niisama suur kui maapinna läheduses!
4. Mitme m võrra merepinnast kõrgemale tõustes väheneb Torricelli katses elavhõbeda-samba kõrgus 1 mm võrra, oletades, et õhk on igal pool ühtlase tihedusega.



82. joon.
Aneroidbaromeeter.

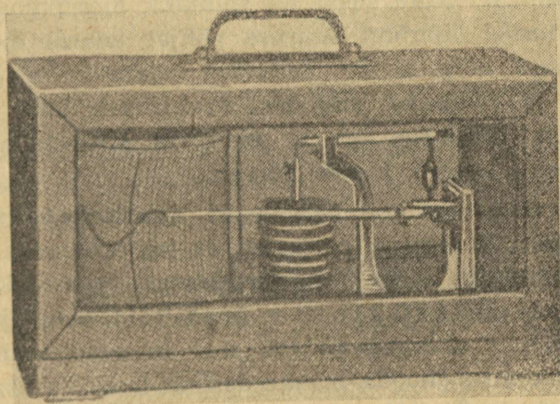
54. **Baromeetrid.** Baromeetriks (baros tähendab kreeka keeli raske) nimetatakse riista, mille abil on võimalik mõõta õhurõhku. Lihtsamaks baromeetriks on Torricelli katse tegemiseks tarvitatud riist (anum elavhõbedaga ja klaastoru); kõrguse märki-

mise otstarbel tuleb ta varustada skaalaga (astmikuga), mille null ühtib elavhõbeda tasemega anum. Niisugust baromeetrit nimetatakse **anubaromeetriks**.

Igapäevases elus on väga laialt tarvitusel nn. **aneroid-** ehk **metallbaromeetrid** (82. joon.).

Nende oluliseks osaks on õhutühi metallkarbide, mille kaas on tehtud hästi vetruvast plekist. Õhurõhumise suurenedes paindub kaas veidi sissepoole, rõhumise vähenedes aga ümberpöörduvalt. Karbi kaane võrdlemisi väikesed edasi-tagasi nihkumised suurendatakse kangide ja hammasrataste süsteemi abil meile kergesti tähelepandavaiks osuti liikumisteks astmikul. Aneroidi astmikule tehakse jaotised, mis vastavad elavhõbe-baromeetri jaotistele.

Riista, mis järjest märgib õhurõhku iga momendi kohta, nimetatakse **barograafiks** (83. joon.). See pole muud



83. joon. Barograaf.

midagi kui üleskirjutamis-vahenditega varustatud metallbaromeeter.

Metallbaromeetri näitamist tuleb vahete-vahel reguleerida, sest pleki elastsus muutub aja jooksul. Normaalbaromeetrik on elavhõbe-baromeeter.

1. Nimetada aneroidbaromeetri head ja halvad küljed!
2. Mitu korda on petrooleum-baromeeter tundlikum elavhõbe-baromeetrist?
3. Mitme mm võrra muutub petrooleum-baromeetri kõrgus baromeetrit 1 m kõrgemale või madalamale asetades?
4. Milline elavhõbeda-samba kõrgus baromeetris vastab rõhule 1 tehniline atmosfäär?

55. Baromeetri kasutamine. Varemini (§ 53) nägime, et maapinnast kõrgemale tõustes õhurõhk väheneb. Nende kahe suuruse — õhurõhk ja kõrgus merepinnast — vahel on kindel side, ehkki me ei saa seda väljendada päris täpselt, sest siin on mõjumas väga mitmesugused tegurid (niiskus, temperatuur jne.); ka on üldse atmosfääri olek väga muutlik. Kuid siiski on võimalik merepinnast kõrgemale tõustes õhurõhu suuruse põhjal kaunis õieti otsustada tõusu kõrguse üle. Sedaviisi määravad kõrgust õhusõitjad ja rändajad mägedes. Praktiliselt võib öelda, et maapinna läheduses iga 11 m võrra kõrgemale tõusnud baromeeter langeb 1 mm võrra.

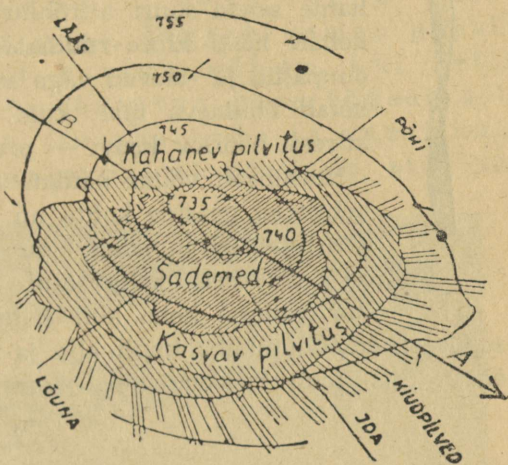
Palju laialdasem on baromeetri kasutamine ilmade ennustamisel. Vaatlused näitavad, et kuiva ilmaga on õhurõhk harilikult kõrge, vihmase ilmaga — madal. Siin on põhjuseks nn. tsüklonid (madalrõhu-alad) ja antitsüklonid (kõrgrõhu-alad), mis liiguvad kaunis püsivalt õhkkonnas mööda maad edasi ja toovad endaga kaasa ilmapuutusi. Õhurõhu muutumise põhjal, ühtlasi arvesse võttes kõiki teisi andmeid, nagu pilvitust, tuule suunda ja kiirust, temperatuuri muutumist jne., on võimalik otsustada tsüklonite ja antitsüklonite liikumise üle ning siit ennustada tulevat ilma harilikult 1—2 päeva ette.

Vaatleme lähemalt 84. joon. kujutatud madalrõhkonna (tsükloni) ehitust. Nool BA näitab tsükloni edasiliikumise, väikesed nooled tuule suunda. Tsükloni idapoolses osas puhuvad võrdlemisi soojad, läänepoolses osas jahedad tuuled. Mispärast?

1. Baromeeter näitab õhus 754 mm. Kui palju näitab sama baromeeter, kui ta vette asetada nõnda, et elavhõbeda alumine nivoo oleks veepinnast 1 m allpool?

2. Kui palju peaks baromeeter S.-Munamäe otsas (317 m) vähem näitama kui merepinnal (Pärnus) samal ajal?

3. Mispärast õhu rõhumine õõnsaid asju (pudeleid, klaase jne.) ära ei purusta? Kuidas suudab inimene kanda tema kehale mõjuvat õhu rõhumist?



84. joon. Madalrõhkonna ehitus.

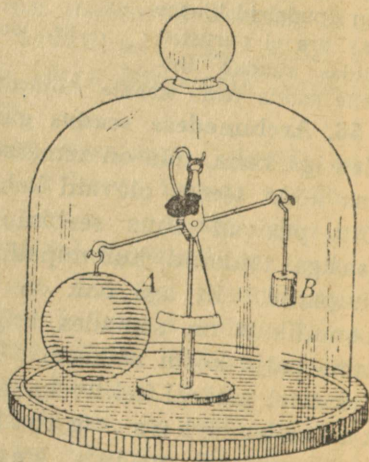
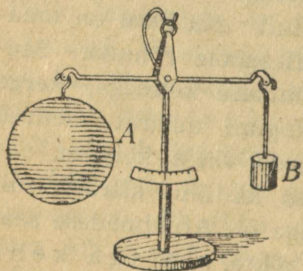
56. Archimedese seadus gaaside kohta. Vesi rõhub alt üles iga keha, mis on temasse asetatud. Ka õhul on oma dus kõiki temas olevaid kehi alt ülespoole rõhuda. Seetõttu püsivad õhus seebimullid, õhukese kelmega, kerge gaasiga täidetud kummipallid ja koguni määratu suured õhupallid. Et aga õhk on 770 korda veest kergem, siis loomulikult on samades tingimustes ka õhu altrõhk niisama palju kordi väiksem. Üldse aga on Archimedese seadus täiel määral kehtiv ka gaaside kohta, s. o. iga keha kaotab õhus (gaasis) oma kaalust nii palju, kui palju kaalub selle keha poolt välja tõrjutud õhk (gaas).

Üks liiter õhku kaalub 1,3 grammi. Seepärast keha, mille ruumala on 1 dm^3 (liiter), kaotab õhus oma kaalust 1,3 grammi; keha, mille ruumala on 1 m^3 , kaotab $1000 \cdot 1,3$ grammi ehk 1,3 kg jne. Siit näeme, et asjade kaalukaotus õhus on võrdlemisi väike. Kui tahame saada suurt altrõhku õhus, peame andma kehale hästi suure ruumala. Seepärast tehaksegi õhupallid ja -laevad väga suure ruumalaga. Õhk hoiab õhulaeva ülal, kuid liikuma paneb teda kiiresti pöörlev kruvi — propeller (85. joon.).



85. joon.
Propeller.

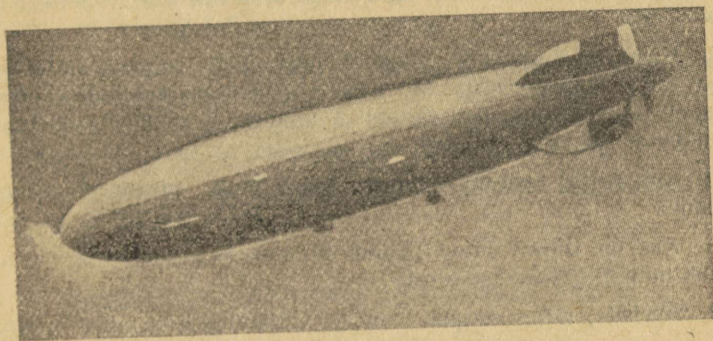
Katseliselt võime näidata Archimedese seaduse kehtivust gaaside kohta nn. baroskoobi abil (86. joon.). Ruumalalt suur keha (õõnes kera A) on väikesel kangkaalul õhus tasakaalustatud väikese keha abil (viht B). Asetame niisuguse riista õhupumba kupli alla ja hakkame hõrendama õhku. Siis kaob tasakaal ning suurem keha langeb alla,



86. joon. Baroskoop.

tähendab, suurem keha on tõeliselt raskem. Mispärast nad siis õhus kaalusid ühepalju?

Järeldusena Archimedese seadusest gaaside kohta võime öelda (nagu ujumise puhul vedelikes): iga keha, mis kaalub rohkem kui selle keha poolt välja tõrjutud gaas, langeb selles gaasis alla; keha, mis kaalub vähem kui selle keha poolt välja tõrjutud gaas, tõuseb selles gaasis üles. On aga keha ja gaasi kaalud sama ruumala puhul võrdsed, siis pü-



87. joon. Dirižaabel.

sib keha selles gaasis tasakaalus. Sel gaaside omadusel põhinebki õhupallide (aerostaat) ja õhulaevade (dirižaabel) ehitus. Kergest tugevast materjalist (alumiinium, siid jne.) tehtud suured kehad täidetakse gaasiga, nagu vesinik (erikaal $0,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$), valgustusgaas (erikaal $0,75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) jt. Need gaasid on õhust kergemad ja seepärast tõusevad õhus üles. Õhupallide leiutajad vennad Montgolfier'id (1783. a.) tarvitasid selleks kuuma õhku.

NSV Liidus on korduvalt tõustud õhupallidel-stratostaatidel õhk-konna kõrgeimaisse kihtidesse (stratosfääri) nende uurimise otstarbel. 30. sept. 1933 tõusid kolm nõukogude eriteadlast — Prokofjev, Godunov ja Birnbaum stratostaadil „SSSR” (mille maht oli 24 500 m³, kõrgus 70 m) 19 000 m kõrgusele, seega tunduvalt kõrgemale kui Piccard. Teinud hulga väärtuslikke vaatlusi, maandus stratostaat õnnelikult Moskva ümbruses Kolomna lähedal. 30 jaan. 1934 startis stratostaat „Osoaviahim I“ stratosfääri uurimiseks talveoludes. Ta jõudis koguni 22 000 m kõrgusele. Siis aga tabas õhupalli katastroof. Aga hukkunud seltsimehed-kangelased kirjutasiid uue hiilgava lehekülje looduse vallutamise ajaloosse. Sellist kõrgust ei ole seni ükski teine saavutanud.

1. Mispärast seebimullid õhus vahel tõusevad üles, vahel aga langevad alla?
 2. Kõige harilikumaks õhupallide täiteaineks on oma kättesaadavuse tõttu valgustusgaas. Mitu m³ valgustusgaasi kulub vähemalt õhupalli täiteks, mis üles tõstaks 3 inimest (à 75 kg), kui õhupallise kaalub 100 kg?
 3. Kui palju kaaluks inimese keha õhus vähem kui tühjas ruumis?
 4. Kas on rahva naljai „kumb raskem: kas nael tina või nael villu“ mingit füüsikalist alust?
 5. Seletada, milles seisneb sisse- ja väljahingamine ning joomine?
 6. Prof. Piccard stratosfääri uurimisel 1931. a. kasutas õhupalli, mille gaasiballooni mahtuvus oli 14 000 m³. Kui suur oli sel puhul õhu üleslüke maapinna lähedal ($p = 760$ mm; $t^{\circ} = 0^{\circ}$)?
- 57. Seos gaasirõhu ja ruumala vahel.** Kogemustest teame, et õhuga täidetud põit või kummipalli võib tublisti kokku suruda. Siis aga suureneb õhurõhk järjest ja põis või kummipall võib suure rõhu tõttu koguni lõhkeda.
- Et gaasi ruumala vähendamisel tema rõhk suureneb, seda teame ka õhu pumpamisest jalgratta- või autokummidesse. Siin pumba kolb surub pumba silindris oleva õhu sedavõrd kokku, et ta suurenenud rõhu tõttu tungib läbi ventiili kummidesse.
- Täpsed mõõtmised näitavad, et antud gaasihulga

rõhk on pöördvõrdeline ruumalaga, kui temperatuur jääb muutmatuks. Näiteks, surudes 1 liitri 1-atmosfäärilist õhku $\frac{1}{2}$ -liitrilisse ruumalasse, saame rõhu 2 atmosfääri. Vähendades ruumala veel 2 korda ($\frac{1}{4}$ liitrit), saame 4 atmosfääri jne.

Kokkusurutud õhku rakendatakse mitmeti tehnikas. Suruõhuga täidetakse auto- ja jalgrattakummid, mitmet liiki mängupallid, samuti töötavad suruõhuga näiteks uste sulgurid ja õhkpidurid raudteerongides.

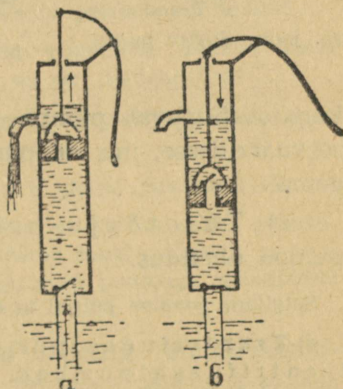
Tolmuimejates ja õhupuhastajates (ventilaatorites) tekitame ümberolevast õhust väiksema rõhu, nii et õhk hakkab liikuma tekkinud hõrenduse suunas.

1. Everesti tipul on õhurõhk 3 korda väiksem kui merepinnal. Mitu korda minutis tuleks seal sisse ja välja hingata, et niisama palju hapnikku kopsudesse juhtida kui merepinnal (oletades, et õhu koostis Everesti tipul on seesama mis merepinnal)?

2. Missuguse rõhu juures oleks õhu erikaal vee (raua; seatina) erikaaluga ühesugune?

Gaaside omadustel põhinevaid riistu.

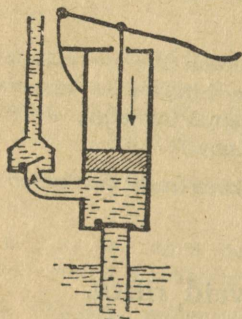
58. **Veepumbad.** a) Vee väljavõtmiseks kaevust tarvitatakse nn. imevat pumpa. Selle ehitus ja töötamine selgub 88. joonisest. Ümmarguses torus liigub tihedalt edasi-tagasi kolb ehk pumbakann, Kolvi sees on auk, mille katab pealt kinni klapp. Allpool kolbi on teine klapp. Mõlemad klapid käivad lahti ainult ühele poole, nimelt vee liikumise suunas.



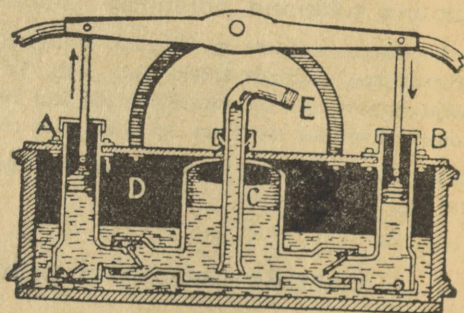
88. joon. Imev pump.

Kolvi ülestõstmisel läheb pealmine klapp kinni, õhk kolvi all hõreneb ja välisrõhumise mõjul tungib vesi alumist klappi avades kolvile järele. Vesi, mis on kolvi peal, voolab kolvi tõstmisel torust välja. Kolvi allavajutamisel tõmbab tagasivoolav vesi alumise klapi kinni, ülemine aga avaneb ning vesi surutakse kolvi peale. Sedaviisi kolbi üles ja alla liigutades tõstame õhurõhu mõjul alumise klapi peale tõusnud vett pumbatorust välja.

b) Suruva pumba (89. joon.) ehitus ja töötamisviis on sarnane imeva pumba omaga, ainult kolb on ilma



89. joon. Suruv pump.



90. joon. Tuletõrje-prits.

klapita. Suruvat pumba tarvitatakse vee juhtimiseks reservuaaridesse, mis on pumpamiskohast kõrgemal või kaugemal.

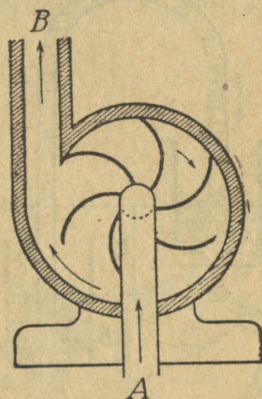
c) Tuletõrje-prits (90. joon.) on kahe suruva pumba ühendus.

Selgitada joonise põhjal ta ehitust ja töötamist!

d) Tsentrifugaalpump. Tehnikas on laialt tarvitusel nn. tsentrifugaalpumbad. Siin pöörleb metallsilindris kiiresti (kuni 50 pöört sekundis) trummel, mis on varustatud kühvlitega (91. joon.). Need panevad trumlis oleva vee kiiresti ringi liikuma. Inertsitõttu püüavad ringiliikuvad veeosakesed puutuja sihis edasi

liikuda ja tekitavad seetõttu rõhumist silindri seinale. Et välja-
 voolutoru B on ühendatud silindriga puuteliselt, siis kiiresti ringi
 liikuv vesi paiskub seetõttu torru B. Toru A on ühendatud silindri
 keskosaga, kus rõhumine on väiksem kui äärtes. Õhurõhu mõjul
 tungib pumbatav vesi toru A kaudu silindrisse.

Tsentrifugaalpumpadel on rohkesti
 paremusi, võrreldes harilikude kolb-
 pumpadega. Pöördliikumine võimaldab
 pidevat töötamist, kuna kolb-
 pumpade töötamine on tõukeline. Pidev
 töötamine aga annab tsentrifugaal-
 pumpale suure võimsuse (kuni
 5000 l sekundis). Tsentrifugaalpumbal
 puuduvad klapid või ventii-
 lid ja tsentrifugaalpumpa võib kasu-
 tada ka sogase vee (sisaldab prügi,
 muda, liiva, väikesi kivikesi) pumpa-
 misel, kus muidu kolbpumbad ära
 ummistuksid. Tsentrifugaalpumpadega
 võib suruda vett kuni 80 m kõrgu-
 sele.



91. joon. Tsentri-
 fugaalpumba skeem.

1. Kui kõrgele veepinnast võiks
 panna teoreetiliselt veepumba ülemise
 klapi?

Vastata samale küsimusele elavhõbeda ja petrooleumi kohta!

2. Harilikult panevad pumbameistrid veepumba ülemise kolvi
 7—8 m kaugusele veepinnast. Millega on see põhjendatud?

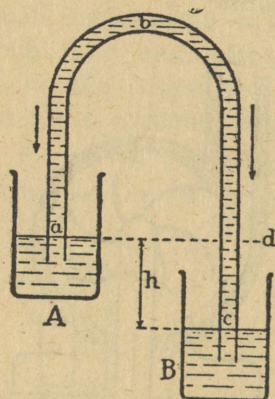
3. Et pump „hakkaks võtma“, valatakse temale sagedasti enne
 vett sisse. Mispärast?

4. Millest tuleb, et üks pump on teisest palju „raskem“?

5. Seletada, mis tähtsus on pumbaraual ja kuidas mõõta pumpa-
 misel tehtud töö hulka. Mitu korda võidame tungi suuruselt ja kao-
 tame tee pikkuselt 88. ja 89. joon. kujutatud pumbaga töötamisel?

59. Sifoon. Sifooni tarvitatakse vedelike ümbervalami-
 seks ühest anumast teise (joon. 92), eriti siis, kui ei saa
 anumat paigalt nihutada või kui tahetakse vedelikust üm-
 ber valada ainult teatud kihti.

Vedeliku voolu sifooni torus võime võrrelda nõöri liikumisega plokki rattal, kus nõör hakkab liikuma pikema, s. o. raskema otsa suunas.



92. joon. Sifoon.

Olgu sifooni toru abc täidetud vedelikuga. Vedeliku tõus (h_1) toru harus ab on väiksem vedeliku langusest (h_2) toru harus bc. Vedelikusambas h_2 kui pikem kaalub üles temast lühema vedelikusamba h_1 ja vedeliku „nõör“ hakkab liikuma lühemast toru harust pikema haru poole. Vedeliku „nõöri“ katkemist kõige kõrgemas kohas (b) takistab õhu rõhumine ja vedeliku osakeste vahel mõjuvad molekulaartungid (kohesioon).

1. Sifooni korralikuks töötamiseks on vajalik, et vedelikusamba h_1 poolt tekitatud rõhk ei oleks suurem õhurõhust. Kui pikk järelikult võib olla h_1 vee ümbervalamisel? Kas sifoon töötab ka tühjas ruumis?

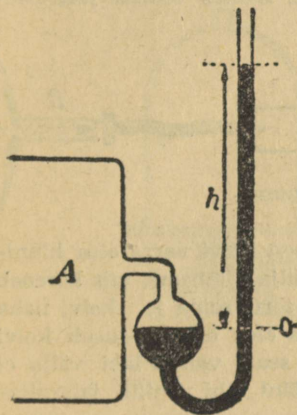
2. Kas sifoon töötab, kui $h_1 = h_2$?

60. Manomeetrid. Manomeetreid tarvitatakse gaaside ja õuru rõhu määramiseks. Lihtsaim neist on lahtiste otstega kõver toru veega ehk nn. vesimanomeeter. Kui tahame tema abil määrata näiteks valgustusgaasi rõhku linna võrgus, siis ühendame toru ühe haru gaasitoruga ja vaatame, kui palju tõuseb vesi teises (lahtises) harus kõrgemale. Olgu see nivoode vahe h cm, siis võrdub valgustusgaasi rõhk õhurõhuga $+ h$ cm kõrguse veesamba rõhk.

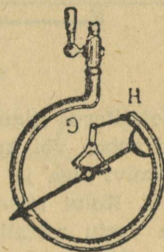
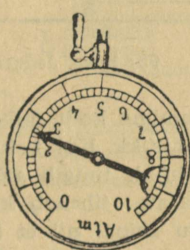
Suuremate rõhkude mõõtmisel on kasulik tarvitada lahtises manomeetris vee, petrooleumi jne. asemel raskemat vedelikku, nimelt elavhõbedat. Ka tehakse siis harilikult toru ühe haru asemel jä-

medam reservuaar, et 0-punkt jääks ligikaudu muutumatuks (93. joon.). Elavhõbe-manomeeter on nii-öelda normaalmanomeeter, millega võrreldakse teisi manomeetreid.

Tööstuses tarvitatakse harilikult metall-manomeetreid (94. joon.). Nende ehitamine põhineb õhukeste seintega kõveraks-käänatud metalltorukeste omadusel korrapäraselt oma kuju muuta (deformeeruda), kui muutub rõhumine nende sees. Rõhumise suurenedes läheb toru veidi sirgemaks.



93. joon. Lahtine elavhõbe-manomeeter.



94. joon. Metall-manomeeter.

Muidugi toimetatakse metall-manomeetri kaliibrimist mõne teise, nn. normaalmanomeetri abil.

Masinad, samuti inimesed töötavad Maa õhkkonnas. Seetõttu on masinad alati 1-atmosfäärilise rõhu all. Et tööd saame teha ainult rõhumise vahe arvel, siis näitavad manomeetrid tegelikult nn. ülerõhku, s. o. õhurõhust (ühest atmosfäärist) suuremat rõhku.

1. Leida gaasi rõhk $\left(\frac{p}{\text{cm}^2}\right)$ linna võrgus, kui 754-mm õhurõhu puhul vesi-manomeetri nivoode vahe oli 4,5 cm!

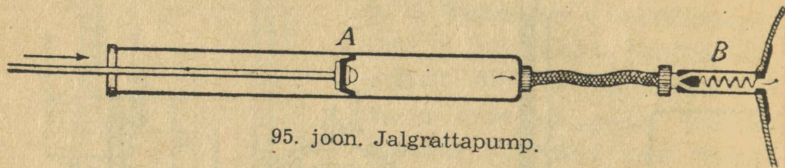
2. Nimetada petrooleum-manomeetri head küljed võrreldes vesi-manomeetriga (soovitav tarvitada radix alcanneae abil punaseks värvitud petrooleumi).

3. Mitu korda on petrooleum-manomeeter elavhõbe-manomeetrist tundlikum?

4. Kui kõrge elavhõbeda-sammas annab rõhu 10 tehnilist atmosfääri?

5. Vesi tuletõrjepritsis on 2,5-atm. rõhu all. Kui kõrgele surub siis tuletõrjeprits vee?

61. **Õhusurupump.** Tahame õhku mõnesse kinnisesse anumasse koguda rohkem, kui see hariliku rõhu juures toimub iseendast, näit. jalgratta kummide täitmine, priimus, õhupost jne., siis tarvitame selleks õhusurupumpa. Näitena vaatame, kuidas töötab jalgrattapump (95. joon.).



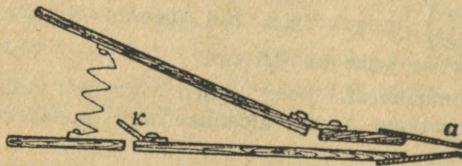
95. joon. Jalgrattapump.

Metalltorus liigub umbne kolb, milleks on kolvi varre otsa kinnitatud naha- või kummitükk. Kui kolvi välja tõmbame, siis hõreneb õhk kolvi taga ja välisõhk tungib sinna toru seina ja kolvi naha vahelt. Kolbi sisse lükates tiheneb kolvis olev õhk ja surub kolvi naha vastu metalltoru seina, nii et õhk sealt vahelt läbi välja ei pääse. Rõhu suurenedes surume kolviga õhu läbi ventiili jalgrattakummi.

Samal põhimõttel töötab ka surupump õhu pumpamiseks priimusesse. Vahe on ainult selles, et siin puudub ventiil ja selle aset täidab toru otsas olev priimuse reservuaari poole avanev klapp.

Tugevajõulisi surupumpasid, mida tarvitatakse tehastes suruõhu saamiseks, nimetatakse kompressoriiteks. Need töötavad juba aurumasina või mõne mootori jõul.

62. **Lõõts.** Lõõts on samuti õhusurupump. Teda tarvitatakse tugeva õhuvoolu saamiseks sepikojas, mesilas jne. Lõõts (96. joon.)

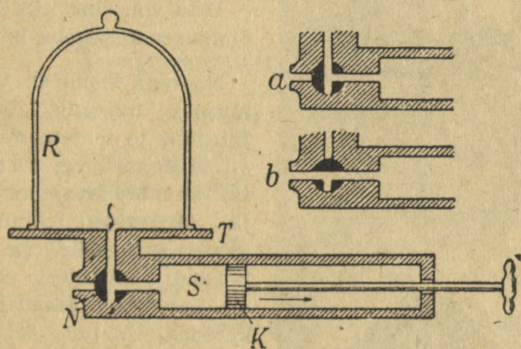


96. joon. Lõõts.

koosneb kahest liikuvast lauast, mis külgedelt on ühendatud nahaga. Torust a voolab õhk välja; klapi k kaudu, mis avaneb sissepoole, tungib õhk lõõtsa sisse. Laudu laiali tõmmates avaneb klapp ja

lõõts läheb õhku täis; laudade kokkulükkamisel sulgub klapp ja õhk surutakse torust välja.

63. Õuhõrenduspump. Hõrenduspumba abil hõrendame õhku antud ruumis. Ta tegevus selgub 97. joon. kujutatud skeemist. Kuppel R, milles õhku hõrendame, lasub lihvitud taldrikul T ja on ühendatud kraani N kaudu silindriga S. Silindris liigub edasi-tagasi



97. joon. Õuhõrenduspump.

umbne kolb K. Kraanist N on tehtud läbi kaks auku: esimene ühendab kuplit silindriga (seis a), teine, kui kraani 90° võrra pöörata, ühendab silindrit välisõhuga (seis b). Pumpamisel (hõrendamisel) avame kraani (seis a) ja tõmbame kolvi väljapoole nii palju kui võimalik. Nüüd tungib õhk paisudes kuplist kolvi taga olevasse ruumi, jäädes kuplis hõredamaks. Kääname kraani kinni (seis b) ja lükkame kolvi teise otsa tagasi. Seega surume kõik õhu silindrist välja. Pöörame uuesti kraani seisu a ja tõmbame kolvi välja, hõrendades seega uuesti õhku kuplis, jne. Iga väljatõmbega muutub õhk kuplis hõredamaks. Sedaviisi kolbi edasi-tagasi liigutades võime viia õhu kuplis vajaliku hõreduseni, kuid kuplit õhust täitsa tühjaks teha me ei saa.

Et otsustada hõreduse määra üle, ühendatakse kuppel sifoonmanomeetriga. Elavhõbeda nivoode vahe näitab õhu hõrendusmäära kuplis.

Praegusajal on tarvitusel mitmel teisel viisil ehitatud õhupumbad, mis annavad palju kiiremini ja suurema hõrenduse. Moodsatest

hõrenduspumpadest on tähtsam pöörlev õlipump (99. joon.), mida kasutatakse tehnikas. Pöörleva õlipumba peaosaks on silindri-

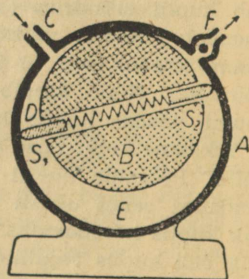


98. joon.

Otto von Guericke (1602—1686), õhuhõrenduspumba leiutaja.

Noorena õppis O. v. Guericke mitmes ülikoolis õigusteadust, füüsikat ja matemaatikat. Pärast oli ta Magdeburgi linnapea. Leiutas õhuhõrenduspumba (a. 1650) ja korraldas õhurõhu demonstreerimiseks rea huvitavaid katseid, milledest väga tuntud on katse nn. Magdeburgi poolkeradega. Ehitas elektri-nõõrdumismasina (pöörlev väävlikera) ja näitas esimesena, et samanimelised elektrilaengud tõukavad teineteist eemale.

line kapsel, sellesse on paigutatud eks-sentriliselt metallsilinder, mis on varustatud kahepoolselt toimiva siibriga. Eri-line vedru surub siibri õhutihedalt vastu kapsli sisemist seina. Tihedust siibri ja kapsli seina vahel kindlustab pumbas olev õli. Nagu joonisel 99 näha, imeb pump metallsilindri pöörlemisel vasakul pool oleva toru kaudu õhku sisse, teise, paremal pool oleva toru kaudu surub pump õhku välja.



99. joon.
Pöörlev õlipump.

Soojusnähtusi.

Temperatuuri mõõtmine.

64. Temperatuuri mõõtmine. Ümberolevaid asju katsudes tunneme, et nad on oma soojusastmelt kas kuumad, palavad, soojad, leiged, jahedad või külmad. Nime-tame keha soojusastet ta temperatuuriks.

Teatavais piires võime ligikaudu otsustada kehade temperatuuri üle otsese kokkupuutumise, kompimise abil, näiteks käega katsudes. Sagedasti võime aga otsese kokkupuute teel kehaga temperatuuri määrates eksida, mis selgub järgmisest lihtsast katses:

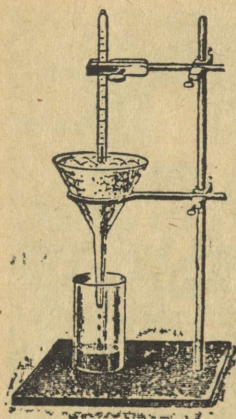
Võtame kolm klaasi: ühes on külm, teises leige ja kolmandas soe vesi. Pistame vasaku käe külma, parema käe aga sooja vee klaasi. Natukese aja pärast pistame mõlemad käed leige vee klaasi. Nüüd tunneb vasak käsi leiges vees sooja, parem külma.

Eelmisest katses näeme, et käe tunne temperatuuri määramisel pole alati õige. Ka mõjuvad väga külmad (vedel õhk) ja soojad (kuum raud) kehad meie temperatuurimeelele ühtviisi „põletavalt“, tekitades valu. Täpsemaks temperatuuri määramiseks tarvitatakse soojamõõtjaid ehk termomeetreid. Nende ehitamisel kasutame kehade omadust paisuda soojenemise mõjul.

Tuua näiteid, kus sama temperatuuriga kehad katsudes näivad olevat erisuguse temperatuuriga!

65. Termomeetri ehitamine. Peenikesele ühtlasele klaasitorule puhutakse ühte otsa kerakujuline või pikergune

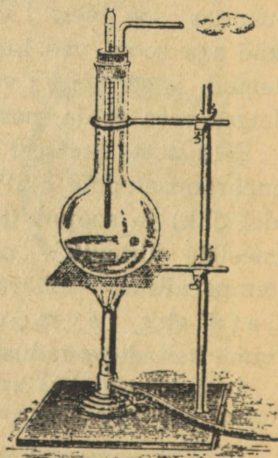
nupp ehk anum. Anum ja osa torust täidetakse puhta elavhõbedaga. Nüüd kuumutatakse elavhõbedat niipalju, et ta paisudes täidaks toru lõpuni, ja sulatatakse siis toru ots kinni. Jahtumisel kokku tõmbudes jääb elavhõbeda asemele torus tühi ruum. Soojendamisel paisub elavhõbe ja ta sammas pikeneb; jahtumisel tekib vastupidine nähtus. Tähendab, elavhõbedasamba pikkus termomeetri torus muutub temperatuuriga ja suureneb temperatuuri tõusuga. Elavhõbedasamba pikkuse järgi temperatuuri kõrguse määramiseks tehakse termomeetrile skaala ehk astmik järgmiselt.



100. joon. Termomeetri nullpunkti määramine.

Võtame termomeetri ja asetame ta sulavasse jäässe (100. joon.). Niikaua kui jää sulab, seisab elavhõbe termo-

meetri torus ühel ja samal kõrgusel. Sellest järeldame, et jää sulamistemperatuur on jääv. Märgime elavhõbedasamba otsa asukohta kriipsuga. See on termomeetri üks jääv- ehk põhipunkt ja seda nimetatakse jää sulamispunktiks. Nüüd võtame termomeetri ja asetame ta keeva vee auru (101. joon.). Elavhõbe torus järjest tõuseb ja jääb viimaks seisma seni kui vesi keeb, tähendab, ka vee keemistemperatuur on jääv. See on termomeetri teine jääv- ehk põhipunkt ja seda nimetatakse vee



101. joon. Termomeetri keemispunkti määramine.

keemispunktiks. Jäävunktide vahe jagatakse võrdseks osadeks. Selle järgi, mitmeks võrdseks osaks me jagame keemis- ja sulamispunktide vahe, saame mitmesugused termomeetri skaalad ehk astmikud.

Kuidas muutuks temperatuuri muutudes vedelikusamba kõrgus termomeetri torus sel juhul, kui toru aine paisuks vedelikust rohkem?

66. Termomeetri skaalad. Praegusajal on tarvitusel 3 erisugust termomeetri skaalat: Celsiuse, Reaumuri ja Fahrenheiti oma (102. joon.).

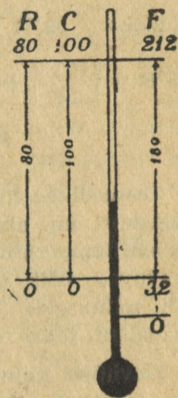
Celsius jagas jäävate punktide vahe 100 võrdseks osaks, mida nimetatakse **kraadideks** ehk **pügalaiaks** ($^{\circ}$). Celsiuse järgi on jää sulamispunkti temperatuur 0° , vee keemispunkti temperatuur 100° .

Samasugused pügalad kui jäävunktide vahel, märgitakse ka allpool nullpunkti. Pügalate arv ülalpool nullpunkti tähendab positiivseid (+) arve — „sooja“ kraade, allpool negatiivseid (—) arve — „külma“ kraade. Märki + kraadide arvu ette harilikult ei kirjutata.

Reaumur (loe: reomüür) jagas sama vahe 80 võrdseks osaks, järelikult on Reaumuri järgi jää sulamispunkti temperatuur 0° , vee keemispunkti oma aga 80° .

Fahrenheit märkis jää sulamispunkti temperatuuri 32° ja vee keemispunkti temperatuuri 212° , tähendab: jäävate punktide vahe on jagatud $212-32$, s. o. 180 võrdseks pügalaks. Fahrenheiti nullpunkt on seega 32 Fahrenheiti pügalat allpool jää sulamispunkti.

Reaumuri skaala tarvitamine on kõrvale jäämas, Fahrenheiti skaalat tarvitatakse Inglismaal, tema asumail ja Ameerikas, Celsiuse skaalat teaduslikes töis ja enamikus



102. joon. Termomeetri skaalad.

kultuurmais. Ka Nõukogude Liidus on Celsiuse skaala ametlikult kehtivaks temperatuuri skaalaks.

Kui temperatuur väljendatakse teistes skaalades, siis märgitakse seda vastava tähega, näiteks: 4°R , 10°F jne. Celsiuse kraadide järel C-d harilikult ei kirjutata.

Eelolevast selgub, et R, C ja F skaala järgi on temperatuuri pügalate suurused seotud järgmiselt:

$$\text{tähendab: } 80^{\circ}\text{R} = 100^{\circ}\text{C} = 180^{\circ}\text{F},$$

$$4^{\circ}\text{R} = 5^{\circ}\text{C} = 9^{\circ}\text{F}.$$

Saadud võrduse abil on kerge temperatuuri ümber arvutada ühest skaalast teise.

$$\text{Näiteks: } 20^{\circ}\text{R} = \left(\frac{20 \cdot 5}{4}\right)^{\circ}\text{C} = 25^{\circ}\text{C}; \quad 15^{\circ}\text{C} = \left(\frac{15 \cdot 4}{5}\right)^{\circ}\text{R} = 12^{\circ}\text{R};$$

$$16^{\circ}\text{R} = \left(\frac{16 \cdot 9}{4} + 32\right)^{\circ}\text{F} = 68^{\circ}\text{F}; \quad -13^{\circ}\text{F} = -\left(\frac{(13+32) \cdot 5}{9}\right)^{\circ}\text{C} = -25^{\circ}\text{C};$$

$$95^{\circ}\text{F} = \left(\frac{(95-32) \cdot 4}{9}\right)^{\circ}\text{R} = 28^{\circ}\text{R} \text{ jne.}$$

Teaduslikes töis võetakse temperatuuri mõõtmisel nullpunktiks sagedasti nn. absoluutne null, mis on 273°C pügalat allpool jää sulamistemperatuuri. Absoluutsest nullist temperatuuri mõõtes väljenduvad kõik temperatuurid absoluutsete arvudega (ilma plussi või miinuseta), sest temperatuuri, mis oleks absoluutsest nullist madalam, üldse ei leidu.

Elavhõbe külmub -39°C ja keeb $+357^{\circ}\text{C}$ juures, seepärast ei saa tarvitada elavhõbe-termomeetrit kange külma (näiteks Põhja-Siberis) ega kõrge kuumuse mõõtmiseks. Kui ruum termomeetri torus elavhõbeda kohal täita lämmastikuga või süsihappegaasiga, ei hakka elavhõbe nii kergesti keema. Sellised termomeetrid on kõlblikud kuni $+700^{\circ}\text{C}$ -ni. Madala temperatuuri mõõtmisel tarvitatakse elavhõbeda asemel piiritust, mis nii kergesti ei külmu (kõlblik kuni -100°C). Et piiritus kergemini silma paistaks, lisatakse talle mõnda sinist või punast värvainet. Veel kõrgemaid või madalamaid temperatuure mõõdetakse nn. gaastermomeetri abil.

1. Väljendada Reaumuri kraadides: $+30^{\circ}\text{C}$; $+22,5^{\circ}\text{C}$; -20°C ; -273°C .

2. Väljendada Celsiuse kraadides: $+24^{\circ}\text{R}$; $+30^{\circ}\text{R}$; -8°R ; -75°R .

3. Väljendada Fahrenheiti kraadides: $+32^{\circ}\text{R}$; -6°R ; -20°R ; -15°C ; $+50^{\circ}\text{C}$; -8°C ; -273°C .

4. Kui kõrge on inimese keha normaaltemperatuur R ja C skaala järgi?

5. Mispärast ei tarvitata termomeetri-vedelikuna vett, vaid enamasti elavhõbedat?

67. Maksimum- ja miinimum-termomeeter. Kõige kõrgema ja kõige madalama temperatuuri märkimiseks teatava aja, näiteks ööpäeva, jooksul tarvitatakse nn. maksimum- ja miinimum-termomeetreid.

Ka inimese kehasoojuse mõõtmiseks tarvitatav termomeeter on maksimum-termomeeter. Temal on toruke reservuaari juures õige peenike ning kõveraks käänatud, nii et elavhõbe paisudes küll tõuseb, jahtudes aga iseendast alla ei lange, vaid katkeb ja jääb endises kõrguses peatuma. Ainult tugevasti raputades langeb elavhõbe uuesti alla. — Inimese keha normaaltemperatuur on umbes 37°C .

68. Soojuse mehaaniline teooria. Selle teooria põhjal on iga keha aineosakesed ehk molekulid alalises liikumises, mille kiirusest oleneb keha temperatuur. Tõuseb keha temperatuur, siis hakkavad selle keha molekulid kiiremini liikuma, jahtumisel esineb vastupidine nähtus.

Kõneldes molekulide liikumisest, peab silmas pidama, et see on täiesti korraldamatu (kaootiline) liikumine oma suunalt kui ka suuruselt: üks molekul liigub ühes, teine teises suunas, ka sama molekul võib igal momendil liikuda eri suunas; kiiruse suurused erinevad üksteisest ja võib kõnelda ainult antud temperatuurile vastavast molekulide keskmisest kiirusest.

Iga liikuv keha võib tööd teha, temas on energiat. Soojus on keha molekulide kineetiline (liikumis-) energia, tähendab, ka soojus on energia, tema arvel saab teha tööd, nagu me seda teame aurumasinast. Samuti on ümberpöörduvalt võimalik liikumist muuta soojuseks. Kuidas?

Kehade paisumisest soojendamisel.

69. Paisumisest üldse. Igapäevase elu tähelepanekuist teame, et kõigil kehadel, olgu nad tahked, vedelad või gaasilised, on ühine omadus soojenemisel paisuda, jahtumisel aga kokku tõmbuda. Näiteid: raud-

teerööpad päikesepaistel, vesi kohvimasinas, petrooleum pudelis, õhk põies ning kummipallis kuuma ahju ääres jne.

Kehade paisumise lähemal tundmaõppimisel tuleb teha vahet pikuti- ehk joonpaisumise, pind- ja ruumpaisumise vahel.

Tahketel kehadel võime kõiki kolme paisumisliiki tähele panna, kuna vedelikkude ja gaaside puhul võib kõnelda ainult ruumpaisumisest.

Kui näiteks elavhõbeda-sammas termomeetri torus pikeneb, siis ei saa siin veel kõnelda elavhõbeda joonpaisumisest, vaid ikkagi ruumpaisumisest. Ruumala suurenedes tungib elavhõbe oma osakeste liikuvuse tõttu sinna, kus on vaba ruumi. Et ruumala võib suureneda eeskätt samba pikenemise arvel, siis selles avaldubki ruumpaisumine.

Soojuse mehaanilise teooria põhjal hakkavad keha molekulid temperatuuri tõusmisel liikuma laiemalt (suurema kiiruse ja amplituudiga), tarvitades selleks ka loomulikult rohkem ruumi, mille tagajärjeks ongi keha üldine paisumine.

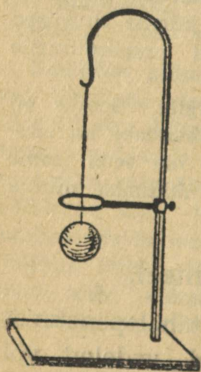
1. Mispärast aetakse raudrehv rattale pealepanemisel kuumaks, samuti raudtalad seinte kokkutõmbamisel?

2. Kuidas saab kinnijäänud klaaskorki kergemini ära võtta?

3. Mispärast jäetakse silla otste ja raudteerööbaste vahele väikesed vahed?

4. Mispärast kange külmaga jää praguneb?

5. Klaasanumad lõhkevad sagedasti kuuma vee sissekallamisel. Mispärast?



103. joon. Metall-
kera paisub soo-
jendamisel igas
suunas.

70. Tahkete kehade paisumine. Katsed näitavad, et kõik kehad ei paisu temperatuuri tõusmisel ühteviisi. Kõige suuremal määral paisuvad gaasid, siis vedelikud ja kõige vähem tahked kehad. Kuid ka tahked kehad on väga erisuguse paisumisega. On leiutatud koguni sulameid, nagu terasnikkel ehk invaar (64 Fe , 36 Ni), kus paisumist peaaegu üldse ei ole märgata.

Tahke keha paisub mitte ainult ühes,

vaid igas suunas. Seda näitab meile lihtne katse metallkerakesega (103. joon.), mis harilikus temperatuuris igas asendis rõngast vabalt läbi mahub, kuumaks-aetuna aga mitte; jahtudes või rõnga soojenedes mahub ta jällegi rõngast läbi.

Meile tuntud kehade paisumist kujutab võrdlevalt järgmine tabel:

Klaas	Raud	Kuld	Vask	Valgevask	Hõbe	Inglitina	Seatina	Tsink
9 mm	11 mm	14 mm	17 mm	19 mm	19 mm	23 mm	29 mm	29 mm

1. Klaastoru pikkus 100° juures on 1 m. Kui pikk on see toru 50° ning 0° juures?

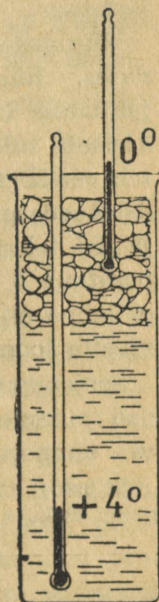
2. Kui palju paisub pikemaks raudteerööbas, mille pikkus on 8 m, temperatuuri tõusmisel -20° -st $+30^{\circ}$ -ni?

3. Kui palju pikeneb Tartu ja Tallinna vaheline telegraafitraat (191 km, raud) temp. tõusmisel 10° võrra?

4. Plekk-katus temperatuuri kiiresti muutudes (suvel õhtuti ja hommikuti) ragiseb. Millest see tuleb?

71. Vee paisumise iseärasus. Vedelikud paisuvad üldiselt tublisti enam kui tahked kehad (umbes 10 korda). Ka oleneb vedeliku paisumine temperatuurist, millest soojendamine algas. Kõige korrapärasemalt paisub elavhõbe ja seepärast tarvitataksegi teda termomeetri ehitamisel. Vee paisumist uurides selgub, et vesi soojendamisel igas temperatuuri vahemikus ei paisu, vaid vahel otse ümberpöörduvalt — soojendamisel tõmbub kokku. Seda vee omadust võime katseliselt näidata järgmiselt.

Võtame kõrge anumaga (104. joon.), täidame ta veega ja jahutame vett anumaga, pannes



104. joon.
Veel on 4°C juures kõige suurem erikaal.

ülalt jääd (lund) veepinnale. Jälgime kogu aeg vee temperatuuri muutumist ülal ja all. Vaatluse resultaadid märgime üles tabelina. Vesi jääga kokku puutudes jahtub, muutub tihedamaks ja langeb alla. Jahedamad ja soojemad osad aeglaselt segunevad, mida tõendab mõlema termomeetri langemine. On alumnised veekihid kuni 4° jahtunud, ei lange temperatuur enam, millest järeldame, et ses temperatuuris on vee erikaal kõige suurem, järelikult ruumala kõige väiksem. Edaspidisel vaatlusel näeme, et ülemine termomeeter järjest langeb ja võib minna 0° -ni, mis laseb järeldada vee väiksemat tihedust (suuremat ruumala) ses temperatuuris võrreldes 4° -ga.

Eelmistest katsetest selgub, et kõige suurem tihedus, järelikult ka kõige väiksem ruumala on veel 4°C juures. Selles ongi vee paisumise iseärasus.

Nisugusel vee paisumise iseärasusel on suur tähtsus looduses, nimelt veekogude kinnikülmumisel. Välispinnal jahtunud veeosad kui tihedamad langevad alla ja nende asemele tulevad põhjast uued soojemad veeosad. Nii kestab vee segunemine seni, kuni kogu vesi on jahtunud 4° -ni. Alles edaspidisel jahtumisel 0° -ni jäävad veeosad pinnale ja jää tekkimine võib alata. Ainult jääpinna all on temperatuur 0° läheduses, kuna sügavamal vee temperatuur ei lange alla 4° . Sel asjaolul on suur tähtsus vees elutsevaile loomadele. Mille poolest?

Soojendamisel jäävad soojemad veeosad kui vähem tihedad pinnale. Sügavais veekogudes (meres) on ka suvel vee temperatuur umbes 4° .

Seletada, mis juhtuks veekogude kinnikülmumisel siis, kui veel 0° puhul oleks kõige suurem tihedus.

Soojuse levimine.

72. Soojuse juhitavus. Võtame raudnaela või, mis veel parem, tükikese vasktraati ja hoiame ta ühte otsa näppude vahel, teist otsa aga soojendame tulel. Varsti tunneme, et

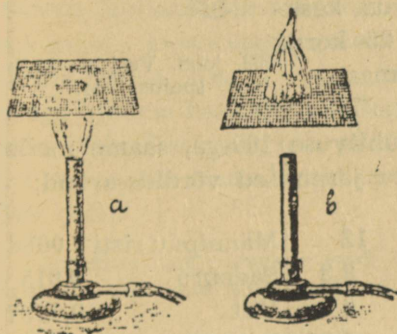
näppude vahel olev traadi ots muutub kuumaks ja me peame ta lahti laskma, kui ei taha näppe ära põletada. Tähendab, soojus läheb naela või traati mööda edasi ühest otsast teise. Nimetame niisugust soojuse levimise viisi, kus soojus otseselt edasi andub keha soojemast otsast külmemasse, soojuse juhita vuseks, ja keha, mida mööda soojus sedaviisi edasi läheb, soojuse juhiks.



105. joon. Vask on hea soojusejuht.

Soojuse juhita vuse suhtes erinevad kehad üksteisest õige suurel määral. Üldiselt on kõige paremad soojusejuhid tahked kehad (iseäranis metallid), vedelikud on halvemad ja gaasid kõige halvemad soojusejuhid. Teeme soojuse juhita vuse kohta veel mõne katse.

Puu on halb soojusejuht, seda teab igaüks tuletiku tarvitamisest. Kuidas?



106. joon. Leek püsib ühel pool vaskvõrku.

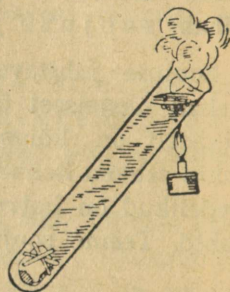
Väga hea soojusejuht on vask. Kui rõngasse käänatud vasktraati küünla leegil hoida (105. joon.), kustub küünal. Põhjuseks on asjaolu, et soojus leegist kandub vasktraati mööda laiali ja jahutab põleva gaasi niivõrra ära, et leek kustub. Sellel vase omadusel põhineb vaskvõrgu tarvitamine, et gaasi leeki hoida ühel pool võrku (106. joon.); esimesel juhul (a) on gaas süüdatud altpoolt, teisel juhul (b) ülaltpoolt võrku.

Vaskvõrgu suurt juhtivust kasutatakse ka Davy kaitse-lambi ehitamisel (107. joon.). Lambi leek on ümbritsetud tiheda

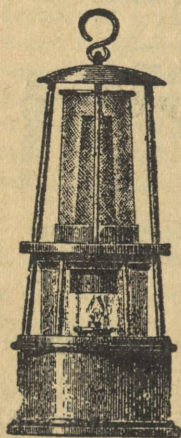
vaskvõrguga. Kui kaevanduses on kogunenud plahvatuses gaasi, siis tekivad väikesed kahjutud plahvatused võrgu sees ja annavad märku hädadohtlikust seisukorrast.

Vesi on halb soojusejuht, seda näitab lihtne katse: täidame katseklaasi veega ja soojendame teda lahtisest otsast (108. joon.). Sedaviisi võime lahtises otsas vee koguni keema ajada, kuna teine ots jääb täitsa jahedaks ja teda võib vabalt käes hoida.

Täpsed mõõtmised näitavad, et vee soojusejuhtivus on umbes 700 korda väiksem hõbeda juhtivusest ja gaaside juhtivus keskmiselt umbes 25 korda väiksem vee omast.



108. joon. Vesi on halb soojusejuht.



107. joon. Davy kaitselamp.

Tähistades hõbeda soojusejuhtivuse 100-ga, saame meile tuntud kehade juhtivuse kohta järgmised võrdlus-arvud:

Hõbe	100	Raud	12	Männipuu risti	0,0088
Vask	94	Seatina	8,3	Saepuru	0,015
Kuld	74	Elavhõbe	2	Vilt	0,0087
Alumiinium	50	Jää	0,21	Puuvill	0,093
Valgevask	27	Klaas	0,046	Vesi	0,136
Inglüstina	15	Männipuu pikuti	0,03	Õhk	0,005

1. Kuidas võiksimme kujutella soojuse levimist juhitavuse teel molekulaarhüpoteesi põhjal?

2. Mispärast karusnahk, villane rii, suled, õled jne. kaitsevad hästi külma eest?

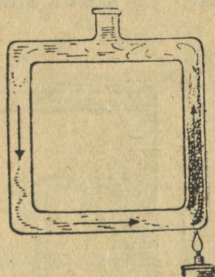
3. Mis kasu on talveaknaist?

4. Missugune soojusejuht on maapind, näiteks kõrb, võrreldes veega (merega)?

5. Tuha all ei kustu söed niipea. Mis võime sellest järeldada?

6. Märg käsi või keel külmub silmapilk külma raua külge, mitte aga puu külge. Mispärast?

73. Soojuse konvektsioon. Katseklaasis vett alt soojendades näeme, et vesi hakkab ka pealt kohe soojaks minema, sest soojendades veeosad paisuvad, nende tihedus väheneb ja nad tõusevad üles. Ülestõusnud veeosade asemele langevad ülalt alla jahedad, suurema tihedusega veeosad. Nii kandub soojus segunedes laiali ja kõigil veeosadel katseklaasis on alati enam-vähem ühtlane temperatuur. Et vee liikumist katseklaasis oleks parem tähele panna, lisame vette peenikest puupuru, mis ühes veega liikuma hakkab ja sellega vee liikumise meile nähtavaks teeb. Veel selgema pildi vee liikumisest soojendamisel saame, kui sama katset teeme erilise riistaga, nagu näha 109. joon.



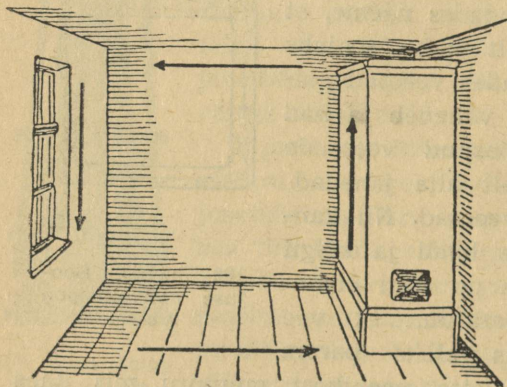
109. joonis. Soojuse konvektsioon vees.

Lisandame veele anumas veidi tinti või mõnd teist värvainet, et vedeliku liikumine oleks paremini näha.

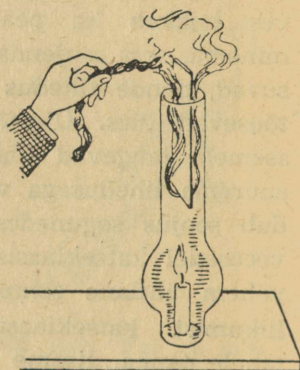
Niisugust soojuse levimise viisi, kus soojus aine osakestega ühest kohast teise kantakse, nimetatakse soojuse edasikandumiseks ehk konvektsiooniks. Mõistagi, et konvektsioon on võimalik kehaosades, mille osad üksteise suhtes annavad kergesti liikuda, s. o. vedelais ja gaasilistes kehaosades, kuid mitte tahkeis.

Soojuse konvektsiooni näiteks õhus on meil soojuse levimine köetud ahjust (110. joon.). Soe õhk ahju juures tõu-

seb üles, valgub lae alt mööda tuba laiali, seinte ääres jah-
tudes langeb pikkamisi alla ja liigub alt ahju juurde tagasi.
Samuti kui paotada uks või aken, mis lahutab külma
ruumi soojemast, võime põlevat küünalt ülal ja all ukse
või akna ääres hoides näha, et soe õhk voolab ülalt jaheda-
masse ja külm õhk alt soojemasse ruumi.



110. joon. Soojuse ringvool toas.



111. joon. Õhu liikumine
lambi silindris.

Konvektsiooni õhus näitab meile selgesti ka järgmine
katse (111. joon.). Lambiklaasis põlev küünal kustub peagi,
sest puudub värske õhu juurdevool. Jagame lambiklaasi
ülemise osa papitükiga pooleks. Küünalt uuesti süüdates
ei kustu ta enam, sest nüüd voolab värske õhk ühelt poolt
sisse ja põlemisproduktid teiselt poolt kui korstnast välja.
Seda õhuvoolu on suitsu abil kerge tähele panna.

Vesikütte ehitus selgub 112. joon. antud skeemist. Keldrikorral
asetsevast katlast K lähevad torud mööda maja laiali ja tulevad
jälle katlasse tagasi. Kuum vesi liigub konvektsiooni tõttu mööda
torusid ringi ja nn. radiaatorite kaudu annab soojust ruumi-
desse.

Jälgida skeemi põhjal vee ringkäiku vesiküttes!

Konvektsioon etendab suurt osa looduses kui ka igapäevases elus. Tuuled, merehoovused, ventilatsioon, vesiküte jne. on kõik konvektsiooninähtused.

1. Mispärast saepuruga täidetud vaheseinad juhivad soojust halvemini kui ainult õhuga täidetud?

2. Mispärast kaetakse jääkeldris jää suvel õlgede või saepuruga?

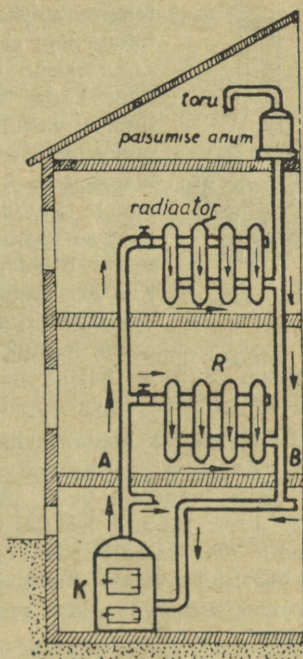
3. Tuulise ilmaga on külm iseäranis lõikav? Mispärast?

4. Kuidas on kasulikum toimetada jää abil jahutamist: kas panna jahutatav keha jää alla või jää peale?

74. Kiirgumine. Küdeva lähtise ahjusuu juures seistes tunneme, et ahjus hõõguvaist sütest meile alatasa soojust voolab. Hõõguvate süte soojus ei levi sel juhul konvektsiooni kaudu, sest õhuvool on suunatud toast ahju. Ka juhitavuse abil ei saa me nähtust seletada, sest konvektsioonivool ahju suunas hävitab täiesti juhitavuse abil õhus levinud soojuse mõju. Sellest järeldame, et peale juhitavuse ja konvektsiooni peab olema veel mõni viis soojusenergia levimiseks.

Juhtivuse ja konvektsiooni puhul levib soojus ainelise keskuse kaudu; Päikese ja Maa vahel maailmaruumis puuduvad niisugused ainelised vahendid, kuid siiski tungib soojusenergia vabalt läbi maailmaruumi Päikeselt Maani. Nimetame soojuse levimist niiviisi, nagu seda märkame küdeva ahju juures, Päikesel jne., kiirgumiseks. Mitte ainult helendavad kehad, nagu Päike, hõõguvad söed, põlev lamp jne., kiirgavad soojust, vaid ka tumedad kehad, nagu ahi, triikraud, teemasin jne. Üldse iga keha saadab endast soojuskiiri välja, s. o. kiirgab.

Soojuskiirguse hulk, mis keha välja saadab, sõltub peale keha temperatuuri ja aine veel suurel määral kiirgava keha pinna ehitusest ja värvusest. Kare pind kiirgab rohkem soojust kui sile,



112. joon. Vesikütte skeem.

ja must pind rohkem kui valge. Samuti on musta pinna neelamisvõime tunduvalt suurem valge pinna neelamisvõimest.

Praktiliselt on sageli väga tähtis säilitada pikemat aega keha temperatuuri. Nii ollakse näiteks majapidamises toiduainete säilitamisel huvitatud, et püsiks kas niisama madal (toiduainete säilitamine) või jällegi niisama kõrge temperatuur (kohvi, tee kaitsemine jahutamise vastu). Üheks sääraseks riistaks on termos-pudel, mis on õieti kahekordsete hõbetatud seintega klaasanum, kus seinte vahel on õhutühi ruum (113. joon.). Õhutühi ruum kaitseb termos-pudelit soojust kaotuse vastu (juhtivuse ja konveksiooni teel, kuna seinte hõbetamine on kaitseks soojuskiirguse vastu.



113. joon. Termospudel. Kaitseks katkimineku vastu on termos-pudel harilikult ümbritsetud plekk-kestaga.

Nn. keedukastis hautatakse toitu või hoitakse teda soojana. Siin on harilik puukast seestpoolt paksult vooderdatud halvasti juhtiva ainega, mis takistab soojust kadu.

1. Mispärast kantakse lõunamaal valgeid rõivaid?
2. Kevadisel päikesepaistel sulab lumi kõige enne kohast, kus on peale langenud puru. Mispärast?
3. Prof. Piccard kasutas stratosfääri uurimisel 1931. a. õhupalligondlit (õhukindlalt suletav alumiiniumist kuul), mille üks pool oli värvitud mustaks, kuna teine pool oli poleeritud pinnaga. Selline konstruktsioon võimaldas reguleerida gondli sisemuse temperatuuri. Kuidas?

Soojushulga mõõtmine.

75. Vahe soojushulga ja temperatuuri vahel. Kui näiteks 1 liitri vee keema-ajamiseks kulub 5 min., siis 2 liitri vee keema-ajamiseks samadel tingimustel kulub 10 min. Või jälle, kui 1 kuum kivi vette visatult tõstab selle veehulga temperatuuri 45° võrra, siis kahe samasuguse kivi mõjul tõuseb selle veehulga temperatuur ligi 2 korda rohkem. Sääraseist katseist selgub, et me võime kõnelda soojushulgast kui teatavast suurusel, mis andub ühest kehest teise ja mida võib mõõta.

Tuleb kindlasti teha vahet temperatuuri ja soojushulga mõiste vahel. Temperatuur näitab keha soojuse astet, mille üle meie ka enda otsese tunde abil saame otsustada, soojushulk aga näitab kehas olevat soojusenergiat, mille otseks tajumiseks meil puudub meel.

Nagu vesi voolab alati kõrgemalt nivoolt madalamale, hoolimata sellest, kui palju on vett ühel või teisel nivool (ka tilk langeb merre!), samuti liigub ka soojusenergia kõrgema temperatuuriga kehast madalama temperatuuriga kehha. Soojusenergia liikumise suuna määrab temperatuur, mitte soojuse hulk. Inimese kehas on kahtlemata vähem soojust kui järves või jões, kus supleme. Et aga inimese keha temperatuur on järve temperatuurist kõrgem, voolab soojus meie kehast vette, me kaotame soojust ning meil hakkab jahe.

76. Soojushulga mõõtmine. Soojushulga (energia) mõõtmisel on võetud ühikuks see soojushulk, mille 1 g vett juurde saab (või kaotab), kui ta temperatuur tõuseb (või langeb) 1° võrra. Nimetame selle soojushulga **gramm-kaloriks** ehk lihtsalt **kaloriks** (lüh. *cal*, ladina keeles calor — soojus). **Kilogramm-kalor** ehk **kilokalor (kcal)** on 1000 gramm-kalorit ja vastab soojushulgale, mis 1 kg vett juurde saab (või kaotab), kui ta temperatuur tõuseb (või langeb) 1° võrra. Vahel nimetatakse gramm-kalorit ka väikeseks ja kilokalorit suureks kaloriks.

Katse näitab, et antud veehulga temperatuuri tõstmiseks 1° võrra kulub alati (peaaegu) ühepalju soojust, vaatamata algtemperatuurile, millest algab soojendamine (kas 0° , 15° või 60° jne.), seepärast ei ole meil tegelikult tähtis kalori definitsiooninimetada algtemperatuuri.

Tahame näiteks teada, kui palju kulub soojust, et 250 g vee temperatuuri tõsta 10° võrra, siis arutame järgmiselt:

1 g vee temp. tõstm.	1° võrra kulub	1 cal soojust
250 „ „ „ „	1° „ „	250 „ „
250 „ „ „ „	10° „ „	250 . 10 „ „

Tähistades otsitava soojushulga Q -ga, saame:

$$Q = 250 \cdot 10 \text{ cal} = 2500 \text{ cal} = 2,5 \text{ kcal.}$$

Üldse, m g vee temperatuuri tõstmiseks t° võrra kulub soojust

$$Q = mt \text{ (cal).}$$

1. Kui palju kulub soojust, et 150 g vett soojendada 10° -st 25° -ni?
2. Kui palju soojust kulub selleks, et 5 liitrit vett toatemperatuurist (17°) soojendada 100° -ni?
3. Kui palju soojust annab ära teeklaasitäis (250 cm^3) vett jahtudes 100° -st 15° -ni?
4. 5 liitrit vett andis jahtudes 60 kcal soojust. Kuidas muutus vee temperatuur?
5. 15 g vett, mille temp. 20° , saab 0,3 kcal soojust juurde. Kui kõrgele tõuseb vee temperatuur?
6. 1 m^3 vee soojendamiseks kulutati 2500 kcal soojust. Kui palju tõusis vee temperatuur?
7. Mitme kraadi võrra soojeneb 20 g vett, kui temasse juhtida 1 kcal soojust?
8. Mitu g vett võib soojendada 300 cal arvel 15° võrra?
9. Mitu liitrit vett kaotab jahtumisel 12° võrra 90 kcal soojust?
10. Kuidas saab määrata soojushulka, mille annab hõõglamp 5 min. jooksul?

77. Keha soojusmahutavus. Aine erisoojus. Võtame 500 g rauda (naelad) ja 500 g seatina (haavlid), soojendame neid näiteks 100° -ni (keevas vees hoides) ja asetame siis ühe ühte, teise teise anumasse veega. Veehulk ja algtemperatuur olgu mõlemas anumal samad, soovitav, et ka anumad ise oleksid ühesugused (mispärast?). Mõõtes vee temperatuuri tõusu anumais näeme, et see ei ole ühesugune, vaid raua jahtumise mõjul umbes 3 korda suurem kui seatina mõjul. Sellest järeldame, et samas hulgas võetud erisuguste ainete (raud, seatina) soojendamiseks

sama kraadide arvu võrra tarvitab üks keha tublisti rohkem soojust kui teine.

Nimetame keha soojusmahutavuseks seda soojushulka, mis keha juurdesaab (või kaotab), kui ta temperatuur tõuseb (või langeb) 1° võrra.

Kui näiteks rauatüki temperatuuri tõstmiseks 1° võrra kulub 15 cal, siis on selle rauatüki soojusmahutavus 15 cal jne.

Kui keha koosneb ühtlasest aineist (seatina, raud, vask, puu jne.), siis on kerge ta soojusmahutavust leida selle aine 1 massühiku (g, kg) soojusmahutavuse ehk erisoojuse põhjal. Tähendab, aine erisoojus näitab soojuse hulka (g-kaloreis), mis 1 g seda ainet juurdesaab (või kaotab), kui ta temperatuur tõuseb (või langeb) 1° võrra.

1 g vee soojendamiseks 1° võrra kulub 1 cal soojust, järelikult vee erisoojus on 1 cal; 1 g raua soojendamiseks 1° võrra kulub 0,1 cal soojust, seega on siis raua erisoojus 0,1 cal jne.

Näide. Teeklaas kaalub 200 g ning jahtus 60° võrra. Kui palju ta kaotas soojust?

Klaasi erisoojus on 0,17 cal, järelikult 1° võrra jahtudes kaotab teeklaas $0,17 \cdot 200$ cal, 60° võrra jahtudes $0,17 \cdot 200 \cdot 60$ ehk 2040 cal.

Üldse, kui meil on m g ainet, mille erisoojus on c cal, siis kaotab ta temperatuuri langemisel t° võrra soojust:

$$Q = cmt \text{ (cal).}$$

1. Millisel kehal (v. erisoojuste tabel lk. 102) on kõige suurem ja millisel kõige väiksem erisoojus?

2. Seatina- ja raudkuul lendavad sama kiirusega vastu märklauda. Kumb neist läheb rohkem kuumaks, kui algtemperatuur oli ühesugune?

3. Missugust mõju avaldab vee erisoojus kliimale?

4. 300 g seatinatüki soojendamiseks 15° -st 35° -ni kulub 186 cal soojust. Kui suur on seatina erisoojus?

5. Kui suur soojusmahutavus on teeklaasil, mis kaalub 120 g?

6. Hõbelusikas kaalub 70 g. Kui suur on ta soojusmahutavus?
 7. 500 g vaske jahtus 100°-st 28°-ni. Kui palju kaotas ta soojust?
 8. Seatinatükk kaalub 250 g. Kui palju soojust kulub ta soojendamiseks 15°-st 100°-ni?

Erisoojuste tabel.

Alumiinium	0,212	Liivakivi	0,174
Huumus	0,433	Marmor	0,216
Hõbe	0,056	Nikkel	0,109
Inglitina	0,055	Plaatina	0,032
Jää	0,463	Raud	0,112
Kivisüsi	0,312	Seatina	0,032
Klaas	0,170	Tsink	0,093
Kuld	0,031	Valgevask	0,092
Kuusepuu	0,654	Vask	0,094
Bensiin	0,38	Petrooleum	0,51
Eeter	0,53	Piiritus	0,58
Elavhõbe	0,03	Tärpentiin	0,51
Glütseriin	0,50	Vesi	1,00

78. Põletusained ja nende kütteväärtused. Põletusained, nagu puu, kivisüsi, turvas, petrooleum, valgustusgaas jne., sisaldavad suurel hulgal energiat, mis põlemisel muundub soojusenergiaks.

Nii näiteks tekib 1 kg puusöe ärapõlemisel, s. o. süsiniku ja hapniku ühinemisel süsihappegaasiks (CO_2), ~ 8000 kilokalorit soojust. Veel rohkem soojust tekib vesiniku ühinemisel hapnikuga ehk veeks põlemisel, kus tekib iga kg vesiniku ärapõlemisel ~ 34 000 kilokalorit soojust. Küttesainete põlemisel tekkinud soojust võime, peale Päikese, lugeda kõige tähtsamaks soojusallikaks meie igapäevases elus. Ka meie keha soojus tekib toiduainete pikaldase põlemise, s. o. õhuhapnikuga ühinemise tagajärjel.

Põletusainete hindamisel tuleb silmas pidada nende kütteväärtust, s. o. soojushulka, mis tekib 1 kg selle

aine täielikul ärapõlemisel. Toome järgmises tabelis tähtsamate põletusainete kütteväärtused kg-kaloreis.

Bensin, petrooleum	10 000
Kivisüsi	7 000—8 000
Piiritus	6 360
Puu, õhukiv (20—25% niiskust)	~3 000
Puusüsi põlemisel CO ₂ -ks	8 100
” ” CO-ks	2 430
Põlevkivi (15% niiskust)	3 350
Turvas (25% niiskust)	3 280
Valgustusgaas	10 000
Vesinik veeks põlemisel	34 000

1. Ahjutäis kasepuid kaalub 35 kg. Kui palju soojust tekib selle puudehulga täielikul ärapõlemisel? Kui palju sellest soojushulgast kulub puudes oleva vee (25%) auruks muutmiseks?

2. Oletame, et eelmises ülesandes õhu puuduliku juurdevoolu tõttu 10 kg ei põlenud täiesti ära, vaid muutus süsihapiendiks (CO). Mitu % läks selle läbi terve ahjutäie kütteväärtusest kaduma?

3. Jõõpre rabas on ~ 116 miljonit tonni põletusturvast. Mitme kuupmeetri kasepuude väärtusele see vastab, kui selle turba kütteväärtuseks arvata 3400 $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$ ja üks kuupmeeter kasepuid kaalub 580 kg?

Keha oleku muutumine soojuse mõjul.

79. Sulamis- ja tahkumisahtused. Keha olek (tahke, vedel, gaasiline) sõltub temperatuurist. Keha üleminekut tahkest olekust vedelasse nimetame **sulamiseks**. Vaatame, kuidas keha sulab. Võtame näiteks tüki jääd (lund), pane anumasse ja hakkame soojendama. Olgu algul jää temperatuur -20° . Soojendamisel tõuseb jää temperatuur kaunis kiiresti 0° -ni ja jääb siis seisma, kuni kõik jää ära sulab — veeks muutub. Kui tugevamini soojendada, muutub sulamine kiiremaks, kuid jää temperatuur ei tõuse seejuures. Kogu sulamise kestel on jää temperatuur sama,

nimelt 0° . Lõpetame soojuse juurdevoolu, siis jääb sulamine otsekohe seisma; mõlemad — sulamisest tekkinud vesi ja sulamata jää — püsivad 0° juures. Siit näeme, et sulamine ei toimu iseendast, vaid selleks on vaja soojust. On kõik jää ära sulanud, alles siis hakkab termomeeter uuesti tõusma.

Vee jahutamisel esinevad nähtused vastupidises järjekorras, nimelt: vesi jahtub soojuse kaotusel 0° -ni ja hakkab siis edaspidisel soojuse kaotusel muutuma jääks — tahkuma. Kogu tahkumise kestel on vee temperatuur sama, nimelt 0° . Temperatuuri langemine algab alles siis, kui kõik vesi on muutunud jääks.

Samuti kui jää sulamine ja vee tahkumine, toimub ka kõigi teiste kehade oleku muutumine tahkest vedelaks ja ümberpöörduvalt, nimelt:

1) iga keha hakkab sulama (tahkuma) kindlal, sellele kehale omasel sulamistemperatuuril;

2) sulamistemperatuur on ühesugune tahkumistemperatuuriga;

3) sulamine (tahkumine) kestab niikaua, kuni soojust juurde tuleb (kaob);

4) kogu sulamise (tahkumise) kestel on keha temperatuur jääv.

Mitte kõik kehad ei sula nõnda kui jää. Kui näiteks klaaspulka soojendada gaasipõleti leegis, siis ta ei muutu vedelaks äkitselt, vaid läheb temperatuuri tõusmisel järjest pehmemaks, kuni lõpuks jõuab vedela olekuni. Sel klaasi omadusel on suur tähtsus klaasitööstuses, sest ta võimaldab välja töötada klaasist väga mitmekujulisi asju. Sarnaselt klaasiga sulavad (tahkuvad) mitmed teised kehad, nagu või, rasv, vaha, pigi, kummi jne.

80. Aine sulamissoojus. Jää sulamine kestab niikaua, kui soojust juurde tuleb. Termomeeter seda soojuse

juurdevoolu aga ei näita, sest kogu sulamise kestel on temperatuur jääv. Kuhu jääb siis soojusenergia, mis sulamisel kulutatakse, kuid mis ei suurenda keha temperatuuri? Kõik see energia kulub tahke keha molekulide vahel olevate sidemete lõhkumiseks, nn. sisemiseks tööks, sest tahke keha molekulid on palju tugevamini üksteisega seotud kui vedeliku molekulid.

Soojusenergia hulka, mis kulub selleks, et 1 g antud ainet sulamistemperatuuris tahkest olekust muuta vedelaks, nimetatakse selle aine **sulamissoojuseks**. Nii näiteks on jää sulamissoojus **80 gramm-kalorit**.

Tahkumisel esineb vastupidine nähtus. Sulamiseks kulutatud energia saab vabaks ja andub edasi ümberolevatele kehadele. Et looduses energia ei hävi, siis on loomulik, et sulamiseks kulutatud energia hulk tahkumisel jälle täiel määral vabaneb.

81. Ruumala muutumine tahkumisel. Jää ujub veepinnal — sellest järeldame, et vee ruumala tahkumisel suureneb (nimelt umbes 0,1 võrra). Sama omadus on ka malmil, vismutil ja mõnel teisel kehal. Suuremal hulgal kehadel (seatina, vask, väävel jne.) väheneb ruumala tahkumisel ja seepärast vajub tahke keha samast ainest vedelikus põhja.

Vee ruumala muutumisel tahkumisel on looduses lõpmata suur tähtsus. Kui jää vajuks vees põhja, siis muutuks vesi suuremas osas meie veekogudest (jões, järved, osalt ka mered) põhjani jääks ja elu neis häviks. Mispärast?

Kui tugevasti vesi jääks muutudes paisub, näitab katse raudpommiga (114. joon.), mille õõnsus täidetakse veega, siis kruvitakse pomm kõvasti kinni ja asetatakse jahtuvasse segusse. Jääks muutudes paisub vesi nii tugevasti, et pomm lõhkeb. — Samuti kui kõik teised kehad, jää jahtumisel tõmbub kokku ja soojenedes paisub.



114. joon. Jääks muutudes paisub vesi tugevasti ja lõhub raudpommi.

Sulamistemperatuurid ja -soojused.

Aine	Sulamis- temperatuur	Sulamis- soojus	Aine	Sulamis- temperatuur	Sulamis- soojus
Alumiinium . . .	657°	102	Raud (puhas) . . .	1528	49
Eeter	-132	—	Seatina	327	6,3
Elavhõbe	-39	2,8	Tsink	419	26,6
Hõbe	961	24	Vaha	63—64	42,3
Inglitina	232	14,6	Vask	1083	42
Jää	0°	80,0	Väävel	113	9,4
Kuld	1063	16	Hapnik	-219	3,3
Nikkel	1451	65	Lämmastik	-210	6,1
Parafiin	50—55	35,1	Süsihappegaas	-56,3	45,3
Piiritus	-130	—	Vesinik	-258	14
Plaatina	1764	27			

Täita pudel veega ja panna välja kange külma kätte! Vaadata, mis juhtub ja mispärast?

1. Mis tähtsus on jää sulamissoojuse suurusel jää- ja lumikatte tekkimisel ning kadumisel?
2. Millisel ainel on käesoleval leheküljel toodud tabelis kõige kõrgem (madalam) sulamistemperatuur ja kõige suurem (väiksem) sulamissoojus?
3. Missugune on lume (jää) ja vee segu temperatuur? Millest tunneme, kas külmetab või sulab?
4. Jää (jäätis) tundub hambaile külmem kui jäävesi (0°). Mispärast?
5. Missugused ained annavad paremini valada: kas need, millede ruumala tahkumisel suureneb, või need, millede ruumala väheneb? Mispärast raha ei valata, vaid pressitakse („lüüakse“)?
6. Kui palju kulub soojust 50 g jää sulatamiseks sulamistemperatuuris?
7. Kui palju kulub soojust selleks, et ära sulatada 500 g seatina, mille temperatuur on 15°?

82. Aurustumine lahtises anumast. Me teame, et kuivas ruumis vesi lahtisest anumast (115. joon.) kaob pikka-misi. Eeter ja piiritus kaob hoopis kiiremini. Seletu-

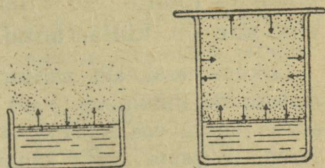
seks ütleme, et vesi (eeter, piiritus jne.) on ära auranud, gaasilisse olekusse läinud. Nii siis nimetame aurustumiseks aine aeglast muutumist vedelast olekust gaasilisse. See muutumine toimub vedeliku pinnal ja igasuguses temperatuuris. Aurustumisel gaasilisse olekusse läinud vedelikku (vett) nimetame auruks.

Mõned tahked kehad (lumi, kamper, jood jne.) võivad

minna tahkest olekust gaasilisse otseselt, ilma vedelaks muutumiseta. Me nimetame niisugust kehade omadust lendumiseks (sublimatsiooniks) ja kehi endid lenduvaiks.

Molekulaarhüoteesi põhjal võime aurustumist seletada järgmiselt. Vedeliku molekulid on alalises liikumises ja selle keskmine kiirus suureneb temperatuuriga. Et vedeliku molekulid asuvad üksteisele väga lähedal, siis on sagedasti kokkupõrked möödapääsematud. Need pinna lähedal olevad vedeliku molekulid, millede kiirus on keskmisest kiirusest suurem, võivad (tähtis on ka liikumise suund) ületada molekulide vahel mõjuvad ja neid koos hoidvad tungid ning sedaviisi pääseda vedelikust välja ruumi, mis on vedeliku kohal. Niisiis tekib vedeliku aur peaaesjalikult neist suurema kiirusega vedeliku molekulidest, mis vedelikust välja pääsevad.

Et temperatuuri tõusuga kasvab molekulide liikumise kiirus, siis on loomulik, et ühes sellega suureneb ka aurustumise kiirus, mis vee aurustumisest on üldiselt tuttav.



115. joon. Aurustumine lahtises ja kinnises anumais.

83. Aurustumine kinnises anumais. Kui vedelik aurustub kinnises anumais (115. joon.), siis ei pääse auru molekulid vedeliku peal olevast ruumist eemale, vaid kogunevad kõik sinna piiratud ruumi. Auru molekulide arv suureneb järjest, kuni lõpuks tekib nn. liikuv tasakaal, s. o. seisund, kus vedelikust väljunud (auruks muutunud) molekulide arv võrdub aurust vede-

likku tagasi läinud molekulide arvuga. Nüüd antud ruumi selles temperatuuris auru molekulide enam ei mahu. Me ütleme, et **ruum** on aurust küllastatud ehk **aur** on küllastunud.

Liikuva tasakaalu nähtus esineb mitte üksnes vedeliku ja auru molekulide liikumises, vaid väga sagedasti ka mujal. Kui rahvaarv ei kasva ega kahane, siis on siin liikuv tasakaal: nii palju kui sureb, niisama palju sünnib asemele jne. Tuua näiteid liikuva tasakaalu kohta!

Suurendame vedeliku kohal olevat kinnist ruumi, siis ei jätku auru molekulidest selle ruumi küllastamiseks, ruum on aurust **küllastamata** ja vedelikust võib molekulid ruumi juurde tulla kuni küllastuseni. Vähendame auruga küllastatud ruumi, siis peab osa auru molekulidest paratamatult vedelikku tagasi minema — **veelduma**, sest nii palju neid antud ruumi ei mahu.

1. Mispärast kuivab pesu tuule käes palju paremini kui vaikes õhus?
2. Seletada, millest tuleb lehviku tarvitamise jahutav mõju!
3. Jäämäed meres on sagedasti ümbritsetud uduga. Mispärast?
4. Seletada, millest tuleb järvede ja soode auramine (udu).
5. Hommikune udu kaob harilikult enne lõunat. Mispärast?

84. Õhu niiskus. Vabalt veepinnalt, nagu mered, järved, jõed jne., aurab vahetpidamatult vett (niiskust) õhku. Seepärast on õhus alati suuremal või väiksemal määral veeauru. Lihtsad katsed näitavad, et see on tõepoolest nõnda: keedusool imeb endasse õhus olevat veeauru ja muutub seetõttu varsti märjaks; kallame sooja toas väljastpoolt hästi ärakuivatatud veeklaasi külma vett, siis läheb klaas väljastpoolt niiskeks; aknad „higistavad“ jne. Nimetame õhu **absoluutseks niiskuseks** ühes kuupmeetris olevat veeauru hulka, mõõdetud grammides, **relatiivseks niiskuseks** aga antud ruumis oleva veeauru hulga suhet selle vee-

auru hulgaga, mis samas temperatuuris seda ruumi küllastaks.

Mõõtmised näitavad, et absoluutne niiskus küllastamisel ($A \frac{g}{m^3}$) suureneb temperatuuri tõusuga, nagu see nähtub järgmisest tabelist:

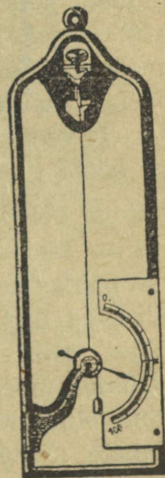
t°	-5	0	+5	10	15	20	25
$A \frac{g}{m^3}$	3,2	4,8	6,8	9,4	12,8	17,3	23,0

Harilikult väljendatakse relatiivne niiskus %-des; siis näitab relatiivne niiskus küllastuse määra, s. o. mitu % on õhus sellest veeauru hulgast, mis sinna antud temperatuuris maksimaalselt mahuks. Kui näiteks praegu on $1 m^3$ õhus 8,5 g veeauru, sinna mahub küllastusolekus aga 17 g, siis on suhteline ehk relatiivne niiskus $\frac{8,5}{17} = \frac{1}{2}$ ehk 50%.

Tegelikus elus on suure tähtsusega õhu relatiivse niiskuse teadmine, sest see määrab, kas antud temperatuuris veeauru õhku veel mahub või mitte. Ja sellest oleneb õieti õhu „kuivus“ harilikus mõttes. Tervishoiuliselt on meile kõige soodsam, et õhu relatiivne niiskus oleks 50—60%, seepärast tuleb tähele panna relatiivset niiskust haigemajades, elutubades jm. Ka taimemajades peab valitsema taimekasvule paras relatiivne niiskus. Relatiivsest niiskusest sõltub suurel määral ka sademete tekkimise võimalus.

85. Hügromeetrid. Riistu, millede abil mõõdetakse õhu niiskuse määra, nimet. hügromeetreiks ehk hügrokoopideks.

Üks lihtsam neist on kujutatud 116. joon. Tema ehituse aluseks on nähtus, et juuksekarv imeb niiskust sisse ja läheb selle mõjul pikemaks, Juushügrokoop.



116. joon.

Juushügrokoop.

õhu kuivenedes aga tõmbub uuesti kokku. Juuksekarv on mässitud telje ümber, millega ühenduses on osuti. Juuksekarva pikkuse muutumine paneb osuti ühes või teises suunas liikuma, mis näitabki meile numbrilaua märgitud niiskusemäära protsentides.

1. Kuidas on võimalik tarbe korral õhu relatiivset niiskust toas suurendada?
2. Mispärast ei ole kaste alati ühte viisi tugev?
3. Me tarvitame sagedasti kõnekäändu „kaste langeb maha“. Kas on see õige?
4. Klassi ($9 \cdot 6 \cdot 4 \text{ m}^3$) õhu relat. niiskus 15° juures on 60%. Kui palju kaalub kogu klassis olev veeaur?
5. Mitu kuupmeetrit ruumi on võimalik küllastada 20° juures 346 g vee arvel?

86. Keemine. Võtame keedupudelisse vett ja hakkame teda soojendama (117. joon.). Vees on alati õhku. Soojendamise mõjul hakkavad lahkuma veest kõige esiti õhumullikesed ning sadestuvad anuma seintele. Edasi, kui soojendame alt, põhjast, siis tõusevad soojenenud veeosad kui vähem tihedad pinnale ja nende asemele langevad pinnalt jahedamad veeosad. On vesi sedaviisi segunedes 100° soojaks saanud, hakkab ta edaspidisel soojuse juurdevoolamisel **keema**, s. o. kiiresti auruks muutuma ehk aurama, siis tekivad aurumullikesed igal pool vee sees, iseäranis seal, kus soojuse juurdevool on kõige tugevam.

Enne vee täielise keemise algust on kuulda põhjast iseäralist kihinat. Tugeva soojuse juurdevoolu mõjul tekivad põhjas auru mullikesed, kuid veidi kõrgemale tõustes jahtuvad nad ja surutakse kokku õhu ning vee rõhumise mõjul. Alles siis, kui kogu vesi on jõudnud keemis- ehk aurumistemperatuurini, võrdub küllastunud veeauru rõhumine õhurõhumisega ja mullikesed tõusevad vabalt vee pinnale. Seepärast võime täpsemalt vee keemistemperatuuriks (keemispunktiks) nimetada seda temperatuuri, millel küllastunud

veeauru rõhumine võrdub välisrõhumisega.

Vee, samuti ka teiste vedelikkude keemisel kehtivad korrapärasused on sarnased tahkete kehade sulamisel tähele pandud korrapärasustega, nimelt:

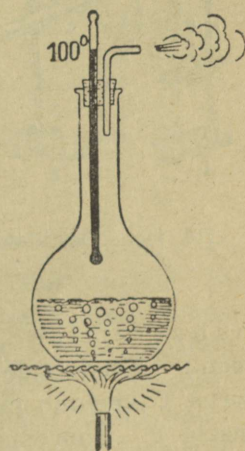
- 1) iga vedelik hakkab keema kindlal, sellele kehale omasel keemistemperatuuril;
- 2) keemistemperatuur on ühesugune veeldumistemperatuuriga;
- 3) keemine kestab niikaua, kuni soojust juurde tuleb;
- 4) kogu keemise kestel on temperatuur jääv.

Soojushulka, mis läheb vaja, et 1 g antud ainet vedelast olekust muuta auruks, nimetatakse selle aine aurumissoojuseks. Vee aurumissoojus on 540 kalorit grammi kohta normaalrõhumisel.

Veeaur on nähtamatu. Kui aga veeaur jahtudes tiheneb väikesteks veepiiskadeks ning seetõttu saab meile nähtavaks, siis ei ole see enam veeaur, vaid toss ehk udu. Kus on 117. joonisel veeaur ja kus toss?

Katsed näitavad, et vedeliku temperatuur keemisel sõltub teataval määral anumast, milles vedelik keeb (anuma aine ja sisepinna puhtus).

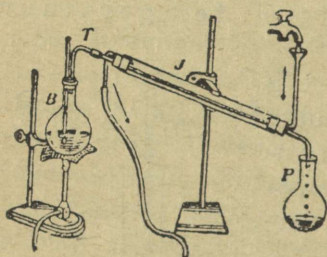
Kuid keeva vedeliku kohal oleva küllastunud auru temperatuur on alati jääv, kui ei muutu rõhumine, mille all on keev vedelik. Seepärast määratakse vedeliku keemistemperatuur keevast vedelikust tekkinud auru abil, mis on vedeliku kohal.



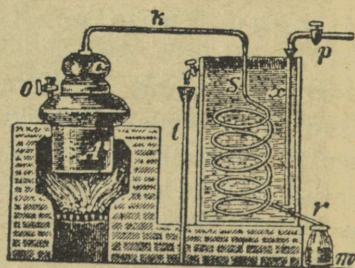
117. joon. Vesi keeb 100° temperatuuril.

87. **Veeldumine. Destillatsioon.** Vedelik, soojendatud keemistemperatuurini, hakkab soojuse juurdevoolamisel keema. Überpöördult — aur, jahutatud keemistemperatuurini, kui talt soojust ära võtta, tiheneb uuesti vedelikuks ehk veeldub. Veeldumisel vabaneb kõik soojus, mis kulus keemisel vedeliku aurumiseks.

Keemisel muutub auruks ehk aurub ainult puhas vedelik, kuna kõik vedelikus lahustunud kõvad ained sinna alles jäävad. Seda auru omadust kasutatakse vedelikkude



118. joon. Destillatsioon.



119. joon. Destilleerimisaparaat.

puhastamiseks ehk destillatsiooniks (118. joon.). Keedupudelil B on puhastatav vedelik, mille aur torus T veeldub jahutajast J läbi minnes ja voolab anumasse P. Suuremal määral destilleeritud vee saamiseks tarvitatakse sellekohaseid seadiseid, nagu näha 119. joon.

Seletada, kuidas töötab 119. joon. kujutatud destilleerimisaparaat.

Destillatsiooni kasutatakse tööstuses: puhta (destilleeritud) vee saamiseks, piirituse puhastamiseks jne.

Vahel, näiteks suhkrutööstuses, on vaja veest lahti saada, ilma et selleks kõrget temperatuuri tarvitataks. Niisugusel juhul toimetatakse destilleerimist madala rõhu abil.

Keemistemperatuurid ja aurumissoojused.

Aine	Keemis- temperatuur	Aurumis- soojus	Aine	Keemis- temperatuur	Aurumis- soojus
Bensiin . . .	90—110	92,9	Petrooleum	150—300	—
Eeter	35	85	Piiritus . . .	78	216
Elavhõbe . . .	357	69	Tärpentiin . .	159	74
Hapnik	—183	51	Vesi	100	540
Lämmastik . .	—194	48	Vesinik	—252,5	114

1. Mis vahe on aurumise ja aurustumise vahel?
2. Kui palju vabaneb soojust 20 g veeauru veeldumisel keemistemperatuuris?
3. Seletada, kuidas saadakse soolajärvedes soola aurustumise teel.
4. Mispärast mõjub kuum aur põletavamalt kui vesi samas temperatuuris?
5. Kui palju kulub soojust, et 50 g -10° -st jääd muuta auruks, mille temperatuur on 100° ?

Soojus ja töö.

88. **Soojusallikad.** Kõige tähtsamaks Maa soojuse ja üldse kogu energia allikaks on Päike. Suure kuuma kerana (raadius 109 Maa raadiust ja temperatuur $\sim 6000^{\circ}$) saadab Päike kiirgamise teel vahetpidamatult määratu hulga energiat maailmaruumi laiali. Maa peale langeb ainult väike osa sellest energiast. Ka ei jää kõik Maa peale langenud Päikese energia siin püsima, vaid suurem osa peegeldub (pilved, veepind jne.) ning kiirgub Maa pinnalt maailmaruumi laiali.

Kogu meie ja looduse elu on tingitud Päikeselt saadud energiast. Päikese kiired on Maa peal esinevate liikumiste algpõhjuseks. Päikese kiirte soojus tõstab merest vee õhku ja kannab ta tuulte abil mööda maad laiali, niisuta-

des põlde, tekitades allikaid, jõgesid, koski ning jugasid. Taime- ja loomakasv on võimalik ainult Päikese elustavate kiirte mõjul, ka maapõuest väljakaevatavad põletusained, nagu turvas, põlevkivi, kivisüsi jt. on Päikeselt endistel aegadel saadud energia pärand.

Täpsed mõõtmised näitavad, et 1 min. jooksul päikesekiirtele risti vastu asetatud 1 cm² pinda saab umbes 2 kalorit soojust, eeldades, et õhkkond Päikese kiirgusest midagi ära ei neela.

89. Töö muundumine soojuseks. Mehaanilist tööd võime kergesti muundada soojuseks. Selle kohta on meil iga-päevasest elust küllalt näiteid. Hõõrume kiiresti peopesi teineteise vastu, siis tunneme, et nad lähevad soojaks, sest hõõrdumise ületamiseks kulutatud töö muundub soojuseks. Kahe kuiva puutüki teineteise vastu hõõrumisel võime



120. joon. Eskimod puurivad tuld.

saada tuld. Sel teel saadi tuld vanasti ja veel koguni hilise ajani metsrahvaste juures. 120. joon. kujutab puuri, mida eskimod tarvitasid vanasti tule saamiseks. Alasi läheb tagumisel kuumaks, väikesed kosmilised kehakesed, sattudes Maa õhkkonda, lähevad vastu õhku hõõrdudes tuliseks, hakkavad helendama ja põlevad sagedasti hoopis

ära; jalgratta kummid õhuga täites pump kuumeneb, traadi painutamisel kuumeneb painutamiskoht jne. Neist näiteist selgub, et mehaaniline töö muundub kergesti soojuseks.

1. Tuua veel näiteid mehaanilise töö soojuseks muundumise kohta!

2. Meie esivanemad tarvitasid tule saamiseks nn. tulerauda. Seletada selle tarvitamist!

3. Seletada lähemalt 120. joon. kujutatud eskimote tuleasaamise viisi!

90. Soojuse mehaaniline ekvivalent. Suure hulga täpsete katsete tulemusena võib öelda, et töö muundumisel soojuseks on alati **427 kgm** ühevääriline ehk ekvivalentne **1 kilokaloriga**, seepärast nimetatakse 427 kgm soojuse (1 kilokalori) mehaaniliseks ekvivalendiks.

Lihtsamal kujul võib toimetada soojuse mehaanilise ekvivalendi ligikaudset määramist järgmiselt. Pikas papptorus on teatav hulk tinahaavleid. Toru püsti hoides ja äkki ümber pöörates langevad haavlid teise otsa. Seejuures muundub langemisel kulunud raskustungi töö soojuseks ja haavlite temperatuur tõuseb. Sedaviisi haavleid mitu korda edasi-tagasi valades ja ära mõõtes toru pikkuse, haavlite massi ja alg- ning lõpptemperatuuri, võime saadud andmeist arvutada soojuse mehaanilise ekvivalendi. Kuidas?

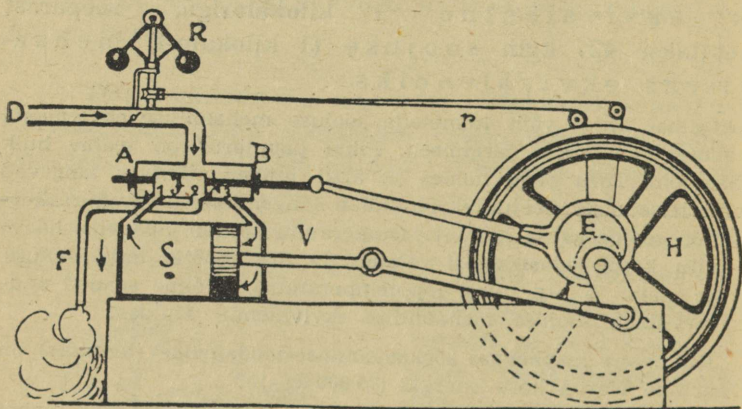
1. Kui suure igapäevase söekaevanduse-toodanguga (tonnides) on ühevääriline Narva kose energia (75 000 h.-j.)?

2. Nõukogude Eesti aastast energiatarvitust hinnatakse umbes $50 \cdot 10^6$ kilovatt-tundi. Mitmeks aastaks jätkuks Jõõpre raba energia tagavaradest kogu Nõukogude Eesti energiatarvituse täitmiseks? Kui palju suudaks Narva kosk täita meie üldisest energiatarvitusest?

91. Aurumasin. Soojusenergia muundub tööks peasjalikult aurumasina ja plahvatusmootori abil.

Aurumasina töötamine selgub skemaatiliselt 121. joonisest. Toru D mööda juhitakse aur katlast aurukarpi AB, millest väljuvad kolm toru: torud 1 ja 3 ühendavad aurukarpi aurusilindriga S, toru 2 kaudu juhitakse läbitöötatud aur masinast välja. Aurukarbis liigub tihedalt edasi-tagasi ja otaja J, ühendades kord 1., kord 3. toru kaudu aurukarpi aurusilindriga. Silindris S liigub tihedalt edasi-tagasi kolb.

Joonisel kujutatud asendis tuleb aur katlast, tungib paremale poole kolvi taha ja rõhub teda vasakule poole. Silindris vasakul pool kolbi olev aur läheb jaotaja alt toru 2 kaudu välja. On kolb jõudnud silindri vasakusse otsa, nihkub jaotaja niivõrra paremale poole, et ta toru 3 kinni katab ja toru 1 kaudu aurukarpi silindriga ühendab. Nüüd tungib katlast tulev aur vasakule poole kolvi taha, ja rõ-



121. joon. Aurumasina skeem.

hub selle paremale poole silindri otsa, kuna kolvi taga olev aur endist viisi toru 2 kaudu masinast välja juhitakse. Kolvi edasi-tagasi liikumised antakse vântade abil hoorattale edasi, teda pöörlema pannes. Hoorattal käib rihtm, mis masinaid ümber veab.

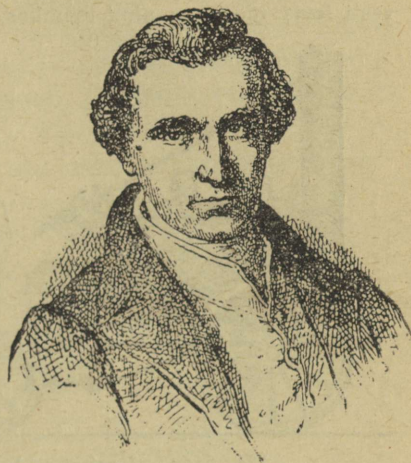
Jaotajat edasi-tagasi nihutab automaatselt hooratta võlli külge kinnitatud nn. ekstsentrisk E. Auru silindrisse pääsemist reguleerib toru D küljes olev tsentrifugaalregulaator R, mis on rihma r abil hooratta võlliga ühendatud. Hakkab hooratas kiiremini käima, tõusevad regulaatori R kerakesed kõrgemale, seega ühtlasi torus D olevat plaati rohkem risti asetades. Pääseb aga katlast vähem auru si-

lindrisse, väheneb aururõhumine ja hooratas hakkab aeglasemalt käima. Hooratta aeglasema käigu puhul mõjub regulaator vastupidiselt.

Esimese seda laadi aurumasina ehitas inglane James Watt 1765. a.

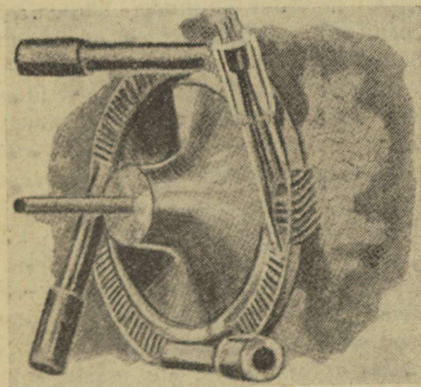
Auruturbiinide abil muudetakse tööks kuuma auru kineetilist energiat. Aurukatlast suure kiirusega (umbes

$1000 \frac{\text{m}}{\text{sek}}$) väljavoolav aur juhitakse otseselt töötava ratta kühvlitele, milledele ta oma kineetilise energia edasi annab ja ratta pöörlema paneb.



122. joon. James Watt (1736—1819).

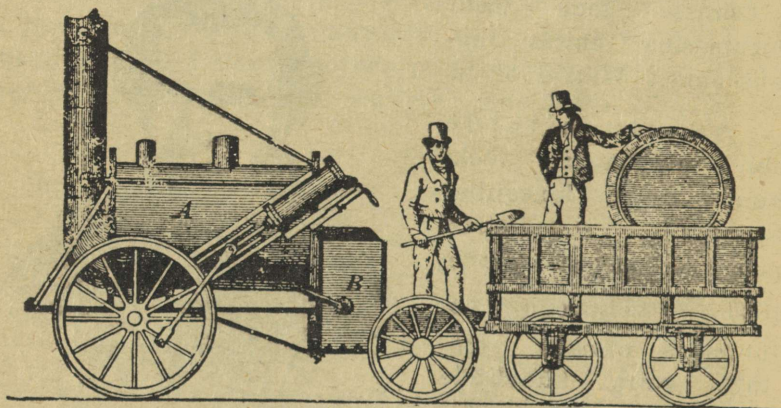
92. Aurumasina ajaloost. Aurujõudu hakati kasutama töötegemiseks juba XVII sajandil. Kuid esimesed aurumasinad olid väga puudulikud; seetõttu ei leidnudki nad laialdasemat kasutamist.



123. joon. Auruturbiin.

Vene leidur Ivan Polzunov (1730—1766) konstrueeris aastal 1764 aurumasina, mida kasutati lühemat aega. Pärisorjuslik Venemaa aga ei osanud hinnata Polzunovi masina tähtsust. Viletsusse lange-

nud leidur suri enneaegselt ja ta masin unustati. Inglise James Watt (loe: džeimz uott) esimesena ehitas 1765. a. aurumasina enam-vähem sel kujul, nagu me tunneme teda praegu ja mis kiiresti levis tööstuses ning tehnikas.

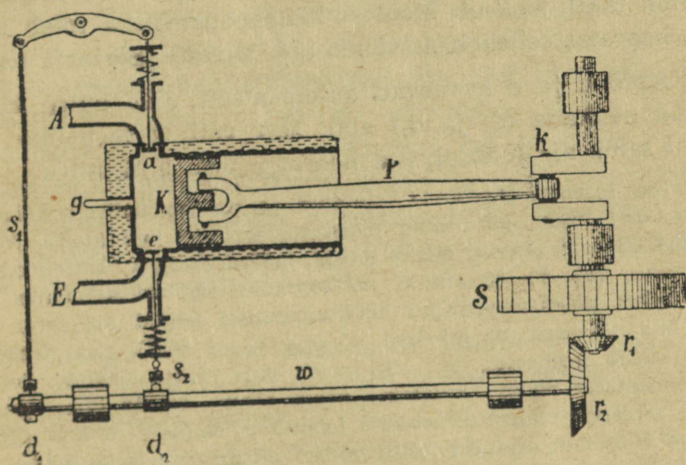


124. joon. Rocket-vedur, ehitatud 1829. a.

Alguses tarvitati aurumasinat söekaevandusest vee pumpamiseks. Ühel ajal sellega tehti katseid rakendada aurujõudu vankrite (koormate) vedamiseks. Need katsed ei tahtnud hästi õnnestuda. Raudrööpaid ei juletud tarvitusele võtta, sest oldi arvamisel, et siis hõõrdumine on liiga väike ja vedur ei suuda liikuda edasi. Hammasrataste tarvitamine, nagu see on mägiraudteel, oleks tulnud liiga keerukas ja kallis. Alles a. 1813 õnnestus ühel inglise inseneril katsete varal näidata, et hõõrdumine veduri rataste ja siledade rööbaste vahel polegi nii väike. Sellest jätkub edasilikumisel toetuspunkti saamiseks. Nüüd oli suurem takistus raudtee arenmisel kõrvaldatud ja esimene raudtee (Stocktoni ja Darlingtoni vahel) avati Inglismaal 1825. a. Esimese raudtee ja veduri ehitajaks oli inglase Georg Stephenson (loe: džoodž stiiivnsn). 124. joon. kujutab G. Stephensoni poolt a. 1829 ehitatud vedurit nimega Rocket (loe: rokit, tähendab raketti), mis püsis hulk aega tarvitusel. Aurujõu kasutamine laevade liikuma panemiseks teostati enne raudteede avamist. Siin on suured teened ameeriklasel Robert Fulton'il (1765—1815). Juba 1807. a. ehitas ta aurulaeva, mis pärast hakkas korralikult ühendust pidama Hudsoni jõel Albany ja New Yorki linna vahel.

Kirjeldada 124. joonisel kujutatud vedurit ja võrrelda teda praegusaja veduritega.

93. Plahvatusmootori töötamine selgub 125. joon. kujutatud skeemist. Jahutajaga ümbritsetud silindris liigub edasi-tagasi umbne kolb K, mille varb P paneb pöörlema hooratta S võlli. Toru E kaudu juhatakse plahvatusaine (õhu ja petrooleumi-, bensiini- või piirituse-auru segu) silindrisse ja toru A kaudu äratarvitatud ained sealt välja. Üks töötamisperiood koosneb 4 osast ehk nn. taktist.



125. joon. Plahvatusmootori skeem.

1) Kolb liigub silindri põhjast paremale poole, klapp *a* on kinni ja plahvatusaine tungib silindrisse.

2) Kolb liigub tagasi äärmisse vasakpoolsesse seisu ja surub kokku (komprimeerib) plahvatusaine-auru ehk gaasi. Mõlemad klapid (*a* ja *e*) on kinni. Kokkusurumise mõjul soojenenud gaas süüdatakse (elektrisäde) selle takti lõpul süüdetorus *g*.

3) Mõlemad klapid on kinni. Süüdatud gaas plahvatab ja tõukab kolvi suure hooga silindri põhjast välja paremale poole.

4) Klapp *e* on kinni, kuna klapp *a* avaneb. Kolb liigub paremalt poolt vasakule ja tõukab plahvatusproduktid silindrist toru *A* kaudu välja.

Edaspidised kolvikäigud korduvad endises järjekorras. Nagu näha, saab siin kolb kahe edasi-tagasikäigu jooksul plahvatavast gaasist ainult ühe töövõimsa tõuke. Selle töö arvel jätkub ka kolvi liikumine tööperioodi ülejäänud kolme takti jooksul. Mootori käimapanemiseks tuleb alguses hooratas sellekohasele vända abil kiiresti pöörlema panna.

Klapid *a* ja *e* avanevad automaatselt võlli külge kinnitatud nokkade (d_1 ja d_2) abil, sest võll *w* teeb ühe täistiiru sama aja jooksul, kui hooratas teeb 2 täistiiru.

Saksa inseneri Dieseli leiutatud ja praegu üldiselt diiselmootori nime all tuntud plahvatusmootoris kasutatakse kütteenäina odavaid raskeid õlisid, naftat, määrdeõlisid jtt. Diiselmootoris surutakse õhk 30—35 atm-ni kokku, kuhu siis erilise pumba abil pritsitakse põletusaine. Õhu kokkusurumisel tehtud töö arvel tõuseb õhu temperatuur niivõrra kõrgele (kuni 600°), et plahvatav segu süttib iseenesest, ja siin pole vaja erilist süüteseadeldist. Diiselmootoris põleb kütteenäine kõrge rõhu, 30—35 atm. juures, kuna tavalises plahvatusmootoris toimub põlemine 4—5 atm. juures. Kõrge süütetemperatuuri tõttu võibki diiselmootoris kasutada raskesti auruks muutuvaid õlisid. Diiselmootorid ehitatakse tavaliselt suure võimsusega ja neid kasutatakse laevadel, vedureil jtm.

Mis on plahvatusmootori head ja halvad küljed võrreldes aurumasinaga?

94. Soojuse tööks muundumise koefitsient. Aurumasina ja plahvatusmootori abil muundame soojusenergiat mehhaaniliseks tööks. Seejuures saame iga 1 kilokalori arvel 427 kgm tööd. Kuid kahjuks ei võimalda aurumasin ega plahvatusmootor kuigi suurt osa masinas tekitatud soojusest tööks muundada. Head aurumasinad muundavad tööks

praegusajal ainult ~17% kütteainest tekkinud soojusest, kuna paremal juhul see protsent võiks tõusta 25-ni. Hari-likud vedurid ja lokomotiivid ei muunda tööks rohkem kui 8—12%. Eelmised andmed on õiged madalarõhuliste aurumasinate kohta. Kõrgerõhulistel aurumasinail (60 atm. ja rohkem) on kasutegur suurem (~25%). Diiselmootorite kasutegur ulatub 35%-ni.

Võrdlemisi väikese soojusenergia tööks muundumise % põhjuseks ei ole niivõrra masinate puudulik ehitus, kui loodusseadus, mis ütleb: kõigil energia liikidel on kaldumus muunduda soojuseks, mis püüab levida ühtlaselt maailmaruumis. Soojuse muundamine tööks masinate abil käib selle loodusnähtuse vastu: seepärast võimaldab meile loodus muundada soojust tööks ainult siis, kui nii-öelda vastutasuks sellega ühtlasi soojus liigub kõrgema temperatuuriga kehast madalama temperatuuriga kehasse (katlast jahutajasse või õhku), mis aitab kaasa soojuse ühtlasele levimisele maailmaruumis.

95. Soojuse ja soojusmasinate tähtsus inimühiskonna arenemisel. Tule tegemise oskus kuulub inimese varasemate tähtsaimate leiutiste hulka. Tuld kasutati mitte üksi soojendamiseks, vaid samuti toidu valmistamiseks. Sellega avardusid märksa inimese elamispiirkond kui ka toitumisvõimalused. Kaugesse minevikku ulatub ka tule kasutamine mitmesugusteks tehnilisteks otstarveteks, nagu savi põletamine nõude valmistamisel, metallide töötlemine tarbe- ning sõjariistadeks jms. Tõendeid selle kohta võib leida juba ajastust 6000 a. e. m. a. Millised olid tolle aja teoreetilised teadmised soojusnähtustest, selle kohta puuduvad meil andmed.

17. ja 18. sajandil kiiresti arenev tööstus vajas võimsaid jõuallikaid masinate käimapanemiseks. Seni kasutatud

inim- ja hobujõud polnud selleks enam küllaldased. Ergutatud tööstuse vajadusest, asusid tolle aja parimad tehnikud leiutama soojusjõumasinat, mis neil lõpuks õnnestuski. J. Watti poolt 18. sajandi lõpul konstrueeritud aurumasin oli sedavõrd täiuslik, et ta kiiresti vallutas tööstuse. Auru- masinat võis jõuallikana igale poole tööle rakendada. Ka oli võimalik selle jõuallika võimsust vajadust mööda suu- rendada. Niiviisi olid loodud senistest hoopis soodsamad eeldused suurtööstuse kiireks arenguks. Seega oli auru- masin üheks oluliseks teguriks tööstusliku kapitalismi tek- kimisel, millega käis kaasas suur ühiskondlik murrang töös- tusliku proletariaadi tekkimise näol.

Soojusmasinad võimaldasid ka moodsa transpordi — raudtee ja laevanduse tekkimise, mis on samuti äärmiselt tähtsateks teguriteks inimühiskonna arenemisloos. Ja kui praegusel ajal elekter vallutab maailma, siis siingi on seni põhi-jõuallikaks soojus, sest elektrit andvaid masinaid (dü- namod, generaatorid) paneb käima enamasti jällegi soojus- masin.

Milline suur tähtsus on jõumasinail meie aja tootmis- protsessis, näitab järgmine lihtne arvutus. Võimsus 1 h.-j. võrdub umbes 8 töölise võimsusega. Et aga masin võib töötada vahetpidamata 24 tundi, siis on tegelikult võimsus 1 h.-j. öieti üheväärne 3·8 ehk 24 töölise võimsusega. Mida enam on meie sotsialistlikus tööstuses rakendatud nn. „mehaanilisi töölisi“, seda suurem on meie tööstuse toot- misvõime ja seda lahedamaks muutuvad inimühiskonna elamistingimused. Näiteks Narva jõe võimsus on ümmar- guselt 150 000 h.-j., mis on üheväärne 24 150 000 ehk 3 600 000 „mehaanilise töölise“ võimsusega. Kogu „valge söe“, s. o. langeva vee energiavarud Nõukogude Liidus ületavad 300 miljonit h.-j., mis võiks asendada 24·300 milj. = 7,2 miljardit „mehaanilist töölist“. Kui tohtu töö-

hulga suudaks ära teha langeva vee energia täielikul ära- kasutamisel ja kui suurel määral see tõstaks meie sotsia- listliku kodumaa majanduslikku õitsengut! Ühtlasi aitaks veejõu kasutamine kaitsta Nõukogude maa metsi liigse hä- vitamise eest.

96. Energia jäävus. Töötavaid kehi tähele pannes näeme, et tööd tehes väheneb keha energiataga- vara, ta võime edaspidi tööd teha läheb järjest väikse- maks. Nii näiteks heinaniitja kulutab niites oma energiat ja ta peab vahete-vahel puhkama, et energiat koguda, sa- muti ka hobune koorma vedamisel; kellavedru kaotab kellavärgi ümbervedamisel pikkamisi oma pinguloleku ja me peame aeg-ajalt vedru uuesti üles keerama, kui me ei taha, et kell seisma jääb.

Kas siis töötamisel kulutatud energia hävib? Ei. Iga töö tulemusena ilmub kuskil uus ener- giatagavara, kas sama või mõnda teist liiki: keha liikumapanemiseks ära kulutatud töö tulemu- sena saame selle keha liikumisenergia, keha tõstmiseks ku- lutatud töö tulemusena saame ülestõstetud keha potent- siaalenergia, hõõrdumise ületamise tulemusena — soojus- energia jne.

Kui võrrelda töötegemisel äratarvitatud energia hulka selle tööhulgaga, mis ilmub töö tulemusena, siis leiame, et mõlemad energiahulgad on võrdsed, s. o. mõlemate nende energiahulkade täielikul tööks muundamisel saaksime nii- sama palju tööd. Selles seisnebki nn. **energia jäävuse sea- dus**: energia ei kao jäljetult, vaid ta ainult muundub ühest liigist teise, nii et te- kib alati ekvivalentne ehk samaväärne teise liigi energia hulk.

Energia jäävuse ja muundumise seadus on põhilisi loo- dusseadusi. Tema avastajaks on vene teadlane M. Lo-

monossov (1711—1765). Ta kirjutas 1748. a. järgmist:
„Kõik muutused looduses toimuvad niiviisi, et kui ühele kehale midagi lisandub, siis võetakse teiselt niisama palju ära. Näiteks kui mingisugune keha saab mõnevõrra ainet juurde, siis teine kaotab täpselt niisama palju; keha, mis annab osa oma liikumist teisele, kaotab täpselt niisama palju liikumist, kui palju ta annab teisele.”

1. Mispärast vasar ja alasi tagumisel soojaks lähevad, samuti sae leht saagimisel, puur puurimisel, traat painutamisel jne.?
2. Jälgida energia muundumist päikesekiirte energiast elektrivalguseni!
3. Mis juhtuks siis, kui Maa oma liikumisel ümber Päikese jääks äkitselt seisma või kui kaks taevakeha põrkaksid kokku? Mispärast on raudteerongide kokkupõrkel suur purustav jõud?
4. Millega seletada kummipalli tagasipõrkamist?

Ülesandeid laboratoorseteks töödeks.

Üldmärkusi: Järgnevad laboratoorsed tööd on mõeldud õpilastele iseseisvaks lahendamiseks õpetaja üldisel juhtimisel. Kui riistade vähesuse tõttu pole võimalik rakendada kogu klassi korraga sama ülesande lahendamisele, siis on soovitatav jagada klass gruppidesse, igas 2—4 õpilast, ja anda igale grupile eri töö. Edukamaks töö korraldamiseks tuleb igale grupile määrata oma vanem ehk juht, kes vastutab riistade ja töötamise korralikkuse eest.

Gruppidesse jaotus tuleb läbi viia juba mõni päev enne tööde algust, samuti peavad õpilastele juba varakult teada olema ülesanded, millised neil tuleb lahendada järgmisel korral. See on vajalik teostatava tööga seoses olevate küsimuste paremaks ettevalmistamiseks.

Kõik vaatlus- ja mõõtmisandmed kantakse vastavasse töövihikusse, kuhu joonestatakse ka katsekorralduse skeemid ning tehakse tarvilikud arvutused.

Töö järjekorranumbri kõrvale märgitud number osutab õpiku paragrahvi, kuhu töö sisuliselt kuulub.

Töö nr. 1 (§ 4). Peenikese traadi (niidi) läbimõõdu mõõtmine.

Töövahendid: Tükk peenikest traati (niiti), peenike pulk (pliiats, raudnael, sukavarras), mõõt mm-jaotistega.

Töökäik: Mähime traadi (niidi) tihedasti ümber peenikese pulga vähemalt 10—20 korda, mõõdame mähise laiuse (poolemillimeetri-lise täpsusega) ja arvutame sellest traadi läbimõõdu (kahe kümnendkohaga). Teha seda vähemalt kolm korda, võrrelda saadud tulemusi ja võtta neist aritmeetiline keskmine.

Ülevaatlikkuse otstarbel korraldame vaatlustulemused tabelisse järgmise vormi kohaselt:

Vaatluse nr.	Keerdude arv mähises	Mähise laius mm-tes	Läbimõõt mm-tes
1.			
2.			
3.			
Keskmine			

Kuidas samalaadse võttega mõõta näiteks sukavarda või ümmarguse raudnaela (pliiatsi) läbimõõtu?

Teha seda ja võrrelda tulemust otsesel mõõtmisel saadud tulemustega.

Töö nr. 2 (§ 6). Keha ruumala määramine mensuuri abil.

Töövahendid: Mensuur (mõõtklaas), anum (pudel) veega, niiti, mitmesuguses suuruses mensuuri mahtuvaid kehi (kivi-, raua-, tina- ja puutükk).

Töökäik: Enne mõõtmisele asumist tuleb selgusele jõuda, mitmele kuupsentimeetrile vastab üks kriipsuvahe ehk jaotus mensuuril. Siis valada vett mensuuri, asetada mensuur püsti rõhtsale alusele (lauale) ja hinnata silmaga, mitu kuupsentimeetrit vett on mensuuris. Vaadata tuleb otse risti mensuuriga üle vaba veepinna kumera (alumise) ääre. Kriipsuvahed jagada silma järgi viieks võrdseks osaks.

Kallutada mensuur pisut viltu ja vaadata, kuidas muutub sellega mõõtmistulemus.

Kuidas muutub mõõtmistulemus, kui silma vaatesuund pole risti mensuuriga?

Kui on juba küllalt harjutatud mensuuris oleva vee hulga määramist, alles siis võib asuda antud kehade ruumala määramisele. Selleks valame mensuuri vett umbes pooleni, määrame võimalikult täpselt vee ruumala ja kirjutame üles. Nüüd seome antud keha (kivitüki) niidi otsa ja laseme ettevaatlikult mensuuri. Veepind mensuuris tõuseb kõrgemale. Määrame jällegi veepinna seisu mensuuris ja kirjutame üles. Suurenemine endisega võrreldes mõõdadki mensuuri lastud keha ruumala.

Sedaviisi määrata kuupsentimeetrites kõigi antud kehade ruumalad ja kirjutada tulemused töövihikusse, tabelisse, mis on koostatud § 12 antud vormi kohaselt.

Kuidas tarbekorral valmistada mensuuri lambiklaasist või mõnest teisest sobivast klaasanumast (põhjata pudelist)?

Töö nr. 3 (§ 10 ja 11). Kehade kaalu määramine.

Töövahendid: Laua- või apteegikaal (ka vedrukaal), vihid ja kaalutavad kehad (samad, millede ruumala määrati eelmises töös).

Töökäik: Enne kaalumisele asumist tuleb veel kord tutvuda § 10 ja 11 antud kaalude ehitusega ja kaalumise juhistega ning toimida neile vastavalt. Vaadata, millised vihid on karbis, ja jõuda selgusele, millises raskuses esemeid on võimalik nendega kaaluda.

Kaaluda antud esemed vähemalt grammi täpsusega ning kirjutada saadud tulemused töövihikusse tabelisse, kuhu on juba kirjutatud samade kehade ruumala suurused.

Töö nr. 4 (§ 12). Kehade erikaalu määramine.

Töövahendid: Mensuur, kaal, vett, petrooleumi.

Töökäik: Töodes nr. 2 ja nr. 3 saadud andmeist kehade ruumala ja kaalu kohta arvutada nende kehade aine erikaal. Võrrelda saadud tulemusi nende ainete kohta õpiku tabelis antud erikaaluga.

Vedeliku erikaalu määramiseks kaalume esiti tühja mensuuri, siis mõõdame mensuuriga teatud hulga cm^3 -eid seda vedelikku ja määrame ta kaalu koos mensuuriga grammides.

Saadud andmed paigutame töövihikusse tabelisse järgmiselt:

Tühja mensuuri kaal	g
Mensuuri võetud vedeliku ruumala	cm^3
Vedeliku kaal koos mensuuriga	g
Mensuuri võetud vedeliku kaal	g

Neist andmeist arvutame vedeliku erikaalu.

Määrata eeltoodud viisil vee, petrooleumi ja piima erikaal.

Töö nr. 5 (§ 20). Katkemistugevuse määramine.

Töövahendid: Vedrukaal (kuni 20 kg), mitmesugusest materjalist peenikest niiti (villane, puuvillane, linane, paberist, kanepist) või traati (raud-, tina-, vask- jne.), puupulk.

Töökäik: Kinnitame niidi või peenikese traadi ühe otsa vedrukaalu konksu külge, teise otsa aga puupulga keskele. Võtame nüüd puupulga ühte ja vedrukaalu teise kätte ning pingutame niidi aeglaselt järjest rohkem kuni katkemiseni, kogu aeg jälgides vedrukaalu näitamist. Et kaalu osuti asendit niidi katkemismomendil täpselt leida, selleks on soovitatav kaalu skaalasse (osuti liikumiseks) tehtud väljalõikesse panna paras korgitükike. Niidi pingutamisel nihkub osuti edasi ja lükkab ka korki. Niidi katkemismomendil läheb osuti kohe tagasi, kork aga jääb oma kohale. Vedrukaalu näitamise (lugemi) katkemismomendi kirjutame üles töövihikusse näiteks järgmiselt:

Ühekordne puuvillane niit katkeb 1,5-kg tungi mõjul.

Nüüd paneme sama niidi kahekorra ja määrame jälle katkemistugevuse, jne. Saadud tulemused kanname tabelina töövihikusse ja võrdleme neid isekeski. Milline korrapärasus esineb neis tulemustes?

Sedaviisi proovime kõiki meil kasutada olevaid materjale. Kuidas sõltub katkemistugevus ainest ja niidi jämedusest (ristilõikest)?

Muude materjalide puudumisel kasutada harjutamiseks ühelaiusi, näiteks 1-cm paberiribasid. Kuidas muutub sel juhul katkemistugevus riba laiusega? Kaalu otsa rakendamiseks kleepida pabeririba ots kahekorra kokku aasaks.

Proovida sõrmede konksutatud esimese liikme lahti- (sirgeks-) rebimise tugevust. Võrrelda seda konksutatud teise liikme lahti- rebimise tugevusega.

Töö nr. 6 (§ 21). Hõõrdumistungi sõltuvus kokku- puutepindade suuruselt, siledusest ja rõhumisest. Hõõrdumiskoefitsiendi määramine.

Töövahendid: Puust risttahukas, mille vastastahud on erineva siledusega, aluslaud 1 m pikk, papitükk risttahuka suurima tahu suurune, paar ümmargust pulka, vedrukaal, mitmesuguses raskuses koormusi (kivid, tellised või ms.).

Töökäik: Paneme aluslaua rõhtsalt lauale ja asetame temale risttahuka. Veame vedrukaalu abil risttahukat ühtlaselt mööda aluslauda ja registreerime kaalu näitamise (lugemi). Siingi on soovitatav panna vedrukaalu skaala väljalõikesse korgitükike. Kui kaal pole küllalt tundlik või risttahukas libiseb liiga kergesti, siis katame risttahuka ülemise tahu papitükiga ja asetame sinna koormusi (telliseid) hõõrdumistungi suurendamiseks. Muutes üksteise vastu rõhu-

rnist, registreerime iga kord vastava hõõrdumistungi suuruse. Vaat-
lustulemused korraldame tabelisse järgmiselt:

Järjek. nr.	Kokkupuutuvad pinnad	Rõhumine kg-des	Hõõrdumis- tung kg-des	Hõõrdumis- koefitsient
1	Mõlemad karedad	5,2	1,3	$1,3 : 5,2 = 0,25$

Kuidas sõltub hõõrdumiskoefitsient kokkupuutepindade suurusest,
kui kõik muud tingimused (siledus, rõhumine) jäävad muutmatuks?

Kuidas oleneb hõõrdumiskoefitsient kokkupuutepindade siledu-
sest ja nende üksteise vastu rõhumise suurusest?

Koormata puuklopp võimalikult tugevasti ja määrata hõõrdumis-
tungi suurus, siis panna kokkupuutepindade vahele 2 ümmargust
puupulka (pliatsit) ja määrata jälle hõõrdumistungi suurus. Mida
võime neist tulemustest järeldada?

Töö nr. 7 (§ 32). Kangi tasakaalu seadus.

Töövahendid: Kahepoolne kang jaotistega ja 2 vedrukaalu või
nende asemel mitmesuguses suuruses koormusi (ärakaalutud kivid).

Töökäik: Enne tööleasumist kontrollida, kas koormamata kang on
tasakaalus. Siis koormata kangi mõlemad õlad mitmesuguses suu-
ruses tungidega (koormustega), rakendades neid nõnda, et kang oleks
tasakaalus. Kangile rakendatud tungid ja neile vastavad õlapikku-
sed kanname tabelisse järgmiselt:

Järjek. nr.	Vasak õlg			Parem õlg		
	Tung kg-des	Õla jao- tiste arv	Tungi ja õla kor- rutis	Tung kg-des	Õla jao- tiste arv	Tungi ja õla kor- rutis
1						

Igas tasakaaluasendis võrrelda vasaku ja parempoolse õla pik-
kuse korrutist neile vastavate koormustega. Milline korrapärasus
nähtub saadud tulemustest? Sõnastada see!

Töö nr. 8 (§ 34). Tasakaal plokil.

Töövahendid: Pidemele kinnitatud konksuga plokiratas, raam või jalg ploki riputamiseks, mitmesuguses raskuses koormused, ühtlast siledat nööri, vedrukaal.

Töökäik: Riputame ploki pidetpidi paigalseisvale alusele, paneme soonest nööri üle, riputame nööri otsa mõne koormuse ja tasakaalustame selle nööri teisest otsast vedrukaaluga. Koormuse suuruse kg-des ja teda tasakaalustava tungi suuruse, samuti kg-des, kirjutame töövihikusse järgmiselt:

Vaatluse nr.	1	2	3	4	5
Koormus kg-des					
Tasakaalustav tung kg-des					

Mida võime järeldada eelmise tabeli põhjal koormuse ja tasakaalustava tungi suuruse kohta?

Nüüd riputame ploki liikuvalt ja ploki pideme külge riputame koormused ning tasakaalustame nööri vabast otsast vedrukaaluga. Vaatluse tulemused kanname tabelisse eelmise skeemi kohaselt. Mida võime järeldada sedaviisi saadud tabeli andmeist koormuse ja tasakaalustava tungi suuruse kohta liikuvale plokil? Koormuse määramisel tuleb siin arvestada ka ploki enda raskust.

Töö nr. 9 (§ 36). Tasakaal kaldpinnal.

Töövahendid: Raske puust risttahukas, mida tarbe korral saab veel koormata mõne lisakoormusega (tellis), või mis veel parem, selle asemel ratastel kast, vedrukaal, hästi siledaks tehtud lauatick ca 60 cm pikk, 2 ümmargust siledat pulka.

Töökäik: Paneme lauaticki rõhtsale lauale, tema keskele ümmargustele pulkadele raske risttahuka ja viimase otsas oleva konksu külge rakendame nööri abil vedrukaalu. Nüüd tõstame lauaticki vedrukaalu-poolse otsa järjest ülespoole. Saame kaldpinna. Risttahuka allaveeremist mööda kaldpinda takistab vedrukaal, mis on rakendatud rööbiti kaldpinnaga. Jälgime vedrukaalu lugemi muu-

Kalorimeetri kaal koos	
veega katse lõpul	$M_3 = \dots\dots\dots g$
Ärasulanud jää kaal	$m = M_3 - M_2$
Vee temperatuur katse algul	$t = \dots\dots\dots$
„ „ „ lõpul	$t_1 = \dots\dots\dots$

Vesi kalorimeetris jahtudes andis ära $M(t-t_1)$ kalorit soojust. Sellest soojusest kulus jääst tekkinud vee soojendamiseks 0° -st kuni t_1° -ni mt_1 kalorit. Ülejäänud soojushulk $[M(t-t_1)-mt_1]$ kulus jää sulatamiseks nullkraadiseks veeks. Jagades selle soojushulga sulanud jää grammide arvuga (m), saamegi jää sulamissoojuse. Mis pärast saadud tulemus on harilikult väiksem õpikus antud jää sulamissoojusest?

Töö nr. 11 (§ 86). Aurumissoojuse mõõtmine.

Töövahendid: Plekk- või klaasanum (konservikarp), piiritus- või gaasilamp, termomeeter, kaal.

Töökäik: Võtame plekk-karpi umbes 150 g vett, mõõdame tema algtemperatuuri ja hakkame soojendama piirituslambi leegil. Hoiame leegi anuma põhja keskkohal, et anumad võimalikult paremini soojendada. Mõõdame ajavahemikku minutites, mis kulus vee soojendamise algusest kuni keemiseni. Olgu see näiteks 20 minutit. Nüüd laseme veel keeda näiteks 10 minutit ja lõpetame katse. Saadud andmed kirjutame töövihikusse järgmiselt:

Veehulk anumast katse algul	$m_1 = \dots\dots\dots g$
„ „ „ lõpul	$m_2 = \dots\dots\dots g$
Auruks muutunud vee hulk	$m = m_1 - m_2 = \dots\dots\dots g$
Vee temperatuur katse algul	$t = \dots\dots\dots^\circ$
„ „ „ lõpul	100°
Vee soojendamine keemiseni kestis	$s = \dots\dots\dots \text{min.}$
Vee aurumine (keemine) kestis	$k = \dots\dots\dots \text{min.}$

Eelmistest andmetest arvutame vee aurumis- ehk keemissoojuse. Selleks määrame soojushulga, mis vesi sai piirituslambi leegilt soojendamise algusest kuni keemiseni, s. o. $m_1(100 - t)$ kalorit. Igas minutis andis piirituslamp veele keskmiselt $\frac{m_1(100 - t)}{s}$ kalorit. Et keemine kestis k minutit, siis sai vesi selle aja kestel

$\frac{m_1 (100 - t)}{S}$ k kalorit, mis teeb iga grammi auruks muutunud vee kohta $\frac{m_1 (100 - t)}{S \cdot m}$ k kalorit. See ongi vee aurumissoojus.

Töö nr. 12 (§ 78). Piirituse kütteväärtuse määramine.

Töövahendid: Piirituslamp, plekkanum (konservikarp), termomeeter, kolmjalg, kaal.

Töökäik: Võtame anumasse umbes 200 g vett ja määrame ta algtemperatuuri t_1 . Kaalume piirituslambi koos temas oleva piiritusega. Nüüd süütame lambi ja hakkame soojendama vett plekkanumas. Ühtlasi jälgime temperatuuri tõusu. On temperatuur tõusnud 20—30° võrra, lõpetame soojendamise ja mõõdame korralikult anumasse oleva vee lõpptemperatuuri, samuti piirituslambi kaalu. Andmed korraldame töövihikusse järgmiselt:

Piirituslambi kaal katse algul	$m_1 = \dots\dots g$
„ „ „ lõpul	$m_2 = \dots\dots g$
Ärapõlenud piirituse kaal	$m = m_1 - m_2 = \dots\dots g$
Tühja anuma kaal	$M_1 = \dots\dots g$
Anuma kaal koos veega	$M_2 = \dots\dots g$
Vee kaal anumal	$M = M_2 - M_1 = \dots\dots g$
Vee algtemperatuur	$t_1 = \dots\dots ^\circ$
Vee lõpptemperatuur	$t_2 = \dots\dots ^\circ$
Vee temperatuuri tõus	$t = t_2 - t_1 = \dots\dots ^\circ$

Vesi sai piirituslambilt soojust Mt kalorit, mis iga grammi ärapõlenud piirituse kohta teeb välja $\frac{Mt}{m}$ kalorit. Mispärast on see soojushulk väiksem tabeli andmeist? Kuhu kadus puuduv osa piirituslambi soojusest?

Ulesannete vastuseid.

Mõõtmisi ja mõõduühikuid.

§ 13.

1. 4 korda.
2. 769 korda.
3. 2,76 kg.
4. Elavhõbe > petrooleum > õhk.
5. 100 dm³.
6. 500 kg.
7. 0,22 dm³.
8. 4 kg.
9. 29,1 l.
10. 200 kg — ei jõua.
11. 2,5 korda rohkem oma kaalust.
12. Kaalu kg-de arv annab ruumala dm³-tes.

Korrutada erikaaluga.

§ 14.

3. Temperatuuri tõustes pendel pikeneb ja hakkab võnkuma aeglasemalt.

Mehaanika põhimõisteid.

§ 17.

1. $5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$; $83 \frac{\text{m}}{\text{min}}$; $139 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$.
2. $8 \frac{1}{3}$ min; 1,3 sek.
4. 9500 miljardit.

5. $30 \frac{\text{km}}{\text{sek}}$.

6. $0,46 \frac{\text{km}}{\text{sek}}$.

§ 18.

3. $4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$; $66,7 \frac{\text{m}}{\text{min}}$; $1,1 \frac{\text{m}}{\text{sek}}$.

4. 37,04 km.

5. $9,3 \frac{\text{m}}{\text{sek}}$; $9,8 \frac{\text{m}}{\text{sek}}$; 35,3 km.

6. $5,8 \frac{\text{m}}{\text{sek}}$; $20,75 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

7. 200 tundi.

8. ~ 50 min; ~ 6,5 tundi.

§ 25.

4. a) 5 kg; b) 5 kg; c) 13 kg.

§ 28.

1. 240 kgm.
2. 6 kgm.
6. 120 kgm.
7. 18 000 kgm.
8. 42 000 kgm.
9. Arvestades 80 südamelööki minutis: 10 368 kgm ja 138,16 m.
10. 1,25 kgm.
11. 2,4 kgm.

§ 29.

1. 169 inimest.
2. 2 110 000 töolist.
3. 9 korda.
4. 6,5 mm.
5. 38 korda.

§ 32.

2. 3 kg.
3. 8 kg.
4. 10:1, kui tõstja kaalub 50 kg.

§ 34.

2. 6 kg.

Vedelike ja gaaside omadusi.

§ 41.

1. $9,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$; $19,2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$; $38,4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$.
2. $0,25 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$.
3. 2000 at.

§ 42.

1. 4,8 kg; 0,28 kg.
2. $36,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$.

§ 43.

2. 1080 at.
3. 90 kg.
4. 3000 kg + õhurõhk.

§ 45.

4. 15 m.

§ 47.

4. 3 cm.
5. 30 kg.

6. 0,9 ruumalast allpool veepinda.
8. 120 kg.

§ 52.

1. 13 m.

§ 53.

2. ~ 20 t.
3. 8 km.
4. 10,5 m.

§ 54.

2. 17 korda.
3. 1,6 mm.
4. 735,6 mm.

§ 55.

1. 827,5 mm.
2. 29 mm.

§ 56.

2. 433 m³.
6. 3 korda kiiremini.
7. 18 200 kg.

§ 57.

1. 3 korda kiiremini.
2. 770 atm.

§ 58.

1. 10 m; 76 cm; 12,5 m.

§ 60.

1. 757,3 mm.
3. 17 korda.
4. 735,6 cm.
5. 25 m.

Soojusnähtusi.

§ 66.

1. 24; 18; -16; -218,4.
2. 30; 37,5; -10; -93,8.

3. 104; 18,5; -13; 5; 122; 17,6;
-459,4.

§ 76.

1. 2250 cal.
2. 415 kcal.
3. 21,25 kcal.
4. 12°.
5. 40°.
6. 2,5°.
7. 50°.
8. 20 g.
9. 7,5 l.

§ 77.

2. Seatina.
4. 0,03.
5. 20,4 cal.
6. 3,9 cal.
7. 3,4 kcal.
8. 0,68 kcal.

§ 78.

1. 105 000 kcal; 4725 kcal.
2. 54°/o.
3. 227 miljonit.

§ 81.

6. 4 kcal.
7. 8,1 kcal.

§ 85.

4. 1,66 kg.
5. 20 m³.

§ 87.

2. 10,8 kcal.
5. 32,23 kcal.

§ 90.

1. 150 tonni.
2. ~ 9000 aastat.

S I S U K O R D.

Mõõtmisi ja mõõduühikuid.

	Lk.
1. Millega tegeleb füüsika?	3
2. Mõõtmine ja mõõduühikud	3
3. Pikkusühikud	4
4. Pikkuse mõõtmine	4
5. Pindala mõõtmine	6
6. Ruumala mõõtmine	6
7. Raskustung ja mass	7
8. Püst- ja rõhtsiht ning nende määramine	8
9. Raskustungi ühikud	9
10. Keha raskuse mõõtmine	11
11. Juhiseid kaalude kasutamisel	12
12. Erikaal	12
13. Erikaalu rakendamine	14
14. Aja mõõtmine	15

Mehaanika põhimõisteid.

Liikumisnähtusi.

15. Liikumine ja paigalolek	17
16. Ühtlane ja ebaühtlane liikumine	17
17. Ühtlase liikumise kiirus	18
18. Keskmise kiirus	19

Inerts ja tung.

19. Inerts	21
20. Tung ja selle mõõtmine	23
21. Hõõrdumine	25
22. Keskkonna takistus	28
23. Tungi graafiline kujutamine	28
24. Tasakaal	29
25. Tungide liitmine	29

Raskuspunkt ja tasakaal.

26. Raskuspunkt	Lk.
27. Tasakaalujuhud	30
	31

Töö, võimsus ja energia.

28. Töö ja selle mõõtmine	34
29. Võimsus	36
30. Energia	38

Lihtmasinad.

31. Tööriistad ja masinad	39
32. Kang. Tasakaal kangil	39
33. Ühepoolne kang. Kangide liigitamine	42
34. Plokid	44
35. Pöör	46
36. Kaldpind, kiil ja kruvi	47
37. Masinate töö	48

Vedelike ja gaaside omadusi.

Rõhumisnähtusi vedelikes.

38. Vedelikkude üldomadusi	49
39. Rõhumise edasiandumine vedelikus	49
40. Vesipress	50
41. Rõhumise mõõtmine. Rõhk	51
42. Vedeliku rõhumine anuma põhjale	53
43. Vedeliku rõhumine anuma küljele. Turbiinid	54
44. Ühendatud anumad	56
45. Vesivarustus	57
46. Archimedese seadus	59
47. Ujumine	61
48. Areomeetrid	63

Rõhumisnähtusi gaasides.

49. Gaaside üldomadusi	64
50. Öhu kaal	65
51. Öhu rõhumine	65
52. Torricelli katse	68
53. Öhurõhu suurus	70

	Lk.
54. Baromeetrid	70
55. Baromeetri kasutamine	72
56. Archimedese seadus gaaside kohta	73
57. Seos gaasi rõhu ja ruumala vahel	76

Gaaside omadustel põhinevaid riistu.

58. Veepumbad	77
59. Sifoon	79
60. Manomeetrid	80
61. Õhusurupump	82
62. Lõõts	82
63. Õhuhõrenduspump	83

Soojusnähtusi.

Temperatuuri mõõtmine.

64. Temperatuuri mõõtmine	85
65. Termomeetri ehitamine	85
66. Termomeetri skaalad	87
67. Maksimum- ja miinimumtermomeeter	89
68. Soojuse mehaaniline teooria	89

Kehade paisumisest soojendamisel.

69. Paisumisest üldse	89
70. Tahkete kehade paisumine	90
71. Vee paisumise iseärasus	91

Soojuse levimine.

72. Soojuse juhitud	92
73. Soojuse konvektsioon	95
74. Kiirgumine	97

Soojushulga mõõtmine.

75. Vahe soojushulga ja temperatuuri vahel	98
76. Soojushulga mõõtmine	99
77. Keha soojusmahutavus. Aine erisoojus	100
78. Põletusained ja nende kütteväärtused	102

Keha oleku muutumine soojuste mõjul.

	Lk.
79. Sulamis- ja tahkumisnähtused	103
80. Aine sulamissoojus	104
81. Ruumala muutumine tahkumisel	105
82. Aurustumine lahtises anumal	106
83. Aurustumine kinnises anumal	107
84. Õhu niiskus	108
85. Hüromeetrid	109
86. Keemine	110
87. Veeldumine	112

Soojus ja töö.

88. Soojusallikad	113
89. Töö muundumine soojuseks	114
90. Soojuse mehaaniline ekvivalent	115
91. Aurumasin	115
92. Aurumasinajalost	117
93. Plahvatusmootor	119
94. Soojuse tööks muundumise koefitsient	120
95. Soojuse ja soojusmasinate tähtsus inimühiskonna arene- misloos	121
96. Energia jäävus	123
Ülesandeid laboratoorseteks töödeks	125
Ülesannete vastuseid	134

Vastutav toimetaja Joh. Käis.

Ladumisele antud 9. IV 1946. Trükkimisele antud 15. VI 1946. Trükiarv 14.200. Paber 56x79, 1/16. Trükipoognaid 8,75. Trükitähti trükipoognas 38932. Arvutuspoognaid 8. MB-04110. Tellimise nr. 1249. Trükikoda „Kommunist“, Tallinn, Pikk tn. 2.

На эстонском языке.

И. Ланг. Физика для VI класса.

Rbl. 4.—

A

16141

3705284

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00370528 4

Rbl. 4.—

A
16141
3705284

JUHAN LANG • FÜÜSIKA VI KLASSILE



J. LANG

FÜÜSIKA

KESKKOOLI VI KLASSILE



RK „PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“

TALLINN 1946