

15.44  
J. LANG



# FÜÜSIKA

KESKKOOLI VI JA VII KLASSILE

I VIHK

---

RK „PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“

TALLINN 1945



J. LANG

# FÜÜSIKA

KESKKOOLI VI JA VII KLASSILE

~~2809~~

RK  
„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“  
TALLINN 1945

Sundeksemplar

2



A-15685

## Mõõtmisi ja mõõduühikuid.

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

Füüsilised kehad ei püsi pikemat aega samadena, vaid nendega toimuvad alati mitmesugused muutused. 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 kehadega toimuvad muutusi nimetame nähtusteks.

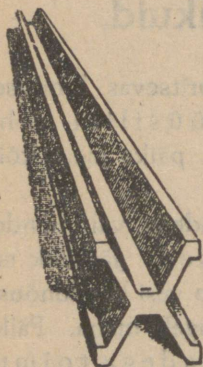
Liikumis-, soojus-, elektri-, valgus- ja teised sellised nähtused kuuluvad füüsikaliste nähtuste hulka. Füüsikas õpime füüsikalisi nähtusi ligemalt tundma, s. o. püüame selgusele jõuda, kuidas nad toimuvad ja mispärast nad nõnda toimuvad, samuti, kuidas oleks võimalik neid ära kasutada mitmesugusteks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

2. Mõõtmine ja mõõduühikud. Füüsikaliste, samuti ka teiste nähtuste põhjalikum tundmaõppimine on paratamatult seotud nähtust iseloomustavate suuruste mõõtmisega.

Mõõtmine on antud suuruse (näiteks toa pikkuse) võrdlemine teise sama liiki suurusega (näiteks 1 meetriga), mida nimetame ühikuks. Otstarbekus nõuab, et mõõduühikud oleksid muutumatud, kõigil tarvitajail samad, oma suuruselt mitmekesised, kuid üksteisega lihtsalt seo-

tud. Neid nõudeid kõige suuremal määral rahuldab XVIII sajandi lõpul prantslaste loodud meeter mõõdustik.

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.



1. joon. Algmeeter.

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

Meetermõõdustik on üles ehitatud küm-nendsüsteemi alusel. 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:

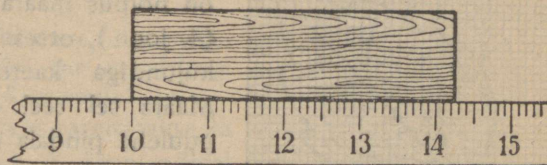
$$1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm};$$

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

1. Kui pikk on Maa ekvaator? meridiaan?
2. Muretse endale vähemalt 1 m pikkune mõõtpael! Kanna seda alati kaasas ning kasuta tarbekorral asjade pikkuse hindamisel!
3. Määra oma sammu keskmine pikkus meetrites!
4. Hinda silma järgi ümberolevate asjade pikkust ja kontrolli seda hiljem mõõtmise teel!

4. **Pikkuse mõõtmine.** Pikkuse, samuti teistegi suuruste mõõtmisel tuleb hoolitseda, et ühikud oleksid sobivalt valitud. Näiteks poleks otstarbekas mõõta Tallinna—Tartu vahelist kaugust cm-tes või koolimaja pikkust km-tes. Seejärel tarvitatakse suuremate pikkuste mõõtmisel suuremaid ja väiksemate pikkuste mõõtmisel väiksemaid mõõduühikuid.

Mõõtmise ise toimub mõõdetava suuruse — pikkuse otsese võrdlemise kaudu mõõtpuu või mõõtpaelaga. Selleks seatakse mõõdetava pikkuse üks ots kohakuti mõõdu 0-kriipsuga ja vaadatakse, missuguse mõõdujaotise või selle osa kohal on mõõdetava pikkuse teine ots. Kui mõõdu otsad on juba kulunud või 0-kriips pole selgesti nähtav, siis on parem kasutada 0-kriipsu asemel mõnda teist selgesti loetavat kriipsu, näiteks 10-ndat.

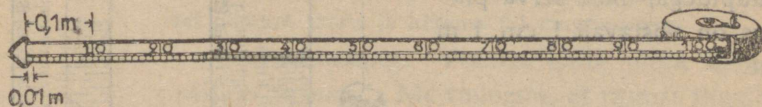


2. joon. Mõõtmine mõõtpuuga.

Kui pikk on 2. joon. kujutatud puuklopp? Väljenda 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 üleulatava osa pikkus kas 0,5 või 0,1 mm-tes, vastavalt sellele, kui täpselt tahetakse mõõta.

Suuremate pikkuste mõõtmisel tarvitatakse harilikult mõõtpaela (3. joon.). Selleks on karbisse keritav riidest või terasest pael, millele on märgitud meetri ja sentimeetri jaotised.



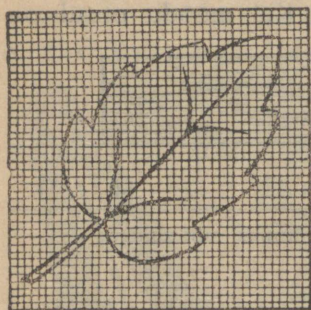
3. joon. Mõõtpael.

Harjutus. Mähi peenikest niiti (juust, traati) 10—20 korda tihedasti ümber peenikese pulga (pliats, sukavarras, nael), mõõda mähise laius ja arvuta sellest niidi jämedus (läbimõõt)! Tee seda kolm korda ja võta saadud tulemustest keskmine!

5. Pindala mõõtmine. Pindala mõõdame ruutühikutega, nagu ruutsentimeeter ( $\text{cm}^2$ ), ruutmeeter ( $\text{m}^2$ ) 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. Tuleta meelde matemaatikast, kuidas seda tehakse!



4. joon. Pindala määramine mm-paberi abil.

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

Peame meeles, et

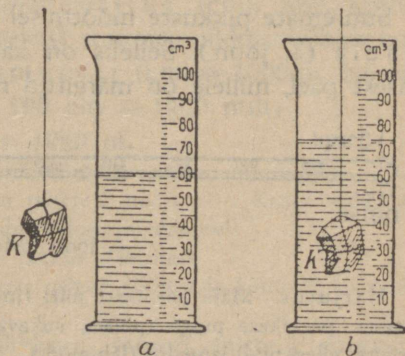
$$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2, 1 \text{ dm}^2 = 100 \text{ cm}^2, \\ 1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2.$$

1. Mitu cm<sup>2</sup> on ühes ruutmeetris? mitu mm<sup>2</sup>? Mitu m<sup>2</sup> on ühes km<sup>2</sup>?

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

6. Ruumala mõõtmine. Ruumala mõõdame kuupühikutega, nagu kuupsentimeeter (cm<sup>3</sup>), kuupmeeter (m<sup>3</sup>) 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, püramiid jt.). Tuleta seda meelde!



5. joon. Mensuuri kasutamine ruumala määramisel.

Määra klassi (oma toa) ruumala m<sup>3</sup>-tes ja selle raamatu ruumala cm<sup>3</sup>-tes!

Väiksema vedelikuhulga ja väikeste mittekorrapäraste 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 selle kriipsuni. Enne mensuuri tarvitamist peab alati selgusele jõudma, mitu kuupsentimeetrit vastab jaotiste ühele kriipsuvahele.

Vaatle, mitu  $\text{cm}^3$  vedelikku on 5. joon. kujutatud mensuurides. Kui suur on selle järgi vedelikku lastud keha ( $K$ ) ruumala?

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

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

1. Mitu  $\text{cm}^3$  on  $1 \text{ m}^3$ ? mitu  $\text{mm}^3$ ? Mitu  $\text{mm}^3$  on 1 liitris?  
 2. Kui joonmõõtude suhe on 10 (100; 1000), milline on siis vastavate kuupmõõtude suhe?

3. Mitu liitrit on  $1 \text{ m}^3$ ; mitu pange, kui panges on 12 l?

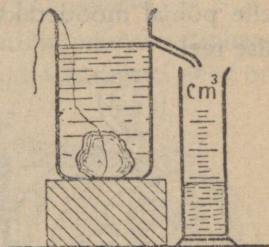
4. Kirjuta üles avaldis, mis mõõdab Maa ruumala  $\text{cm}^3$ -tes!

5. Väljenda oma keha ruumala  $\text{mm}^3$ -tes!

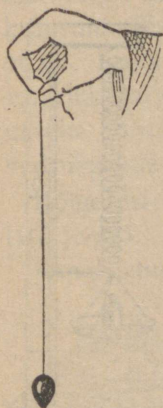
Harjutus. Määra tikutoosi ruumala  $\text{cm}^3$ -tes, mõõtes pikkuse, laiuse ja kõrguse 0,1 cm täpsusega.

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

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



6. joon. Ulevooluanuma kasutamine ruumala määramisel.

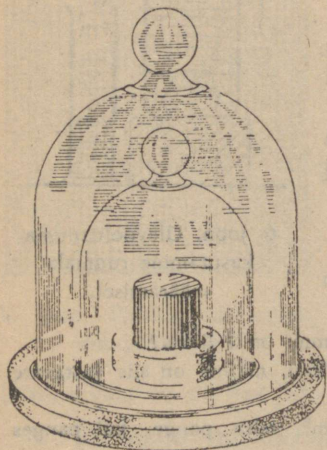


7. joon. Raskustung mõjub alati samas suunas.

Ainehulka, millest keha koosneb, nimetame 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.

Seo kivi või mõni teine asi niidi otsa ja lase vabalt alla rippuda. Korda katset mitu korda. Missugune on alati niidi siht? Milleks kasutatakse niisugust riista?

**8. Raskuse ühikud.** Keha raskuse ehk kaalu mõõtmise põhiühikuks meetermõõdustikus on kilogramm (kg) ehk kilo, mis on eriliselt valmistatud ja Rahvusvahelises Mõõtmiste Büroos alalhoitava keha — rahvusvahelise algkilogrammi — raskus. 1 kuupdetsimeetri (liitri) puhta vee raskus  $4^{\circ}\text{C}$  juures võrdub ühe kiloga.



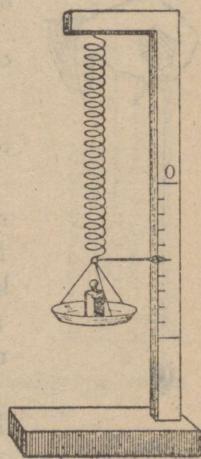
8. joon. Algkilogramm.

Kilost suuremaks mõõduks on 1 tonn (t), mis on 1000 kilo ja võrdub ühe kuupmeetri puhta vee raskusega  $4^{\circ}\text{C}$  juures. — Kilost väiksemaks mõõduks on 1 gramm (g), mis on 0,001 kilo ja võrdub  $1\text{ cm}^3$  puhta vee raskusega  $4^{\circ}\text{C}$  juures.

Grammist väiksemaks raskusühikuks on milligramm (mg), mis võrdub 0,001 grammiga.

Kokkuvõttes saame raskusühikute jaoks järgmise tabeli:

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



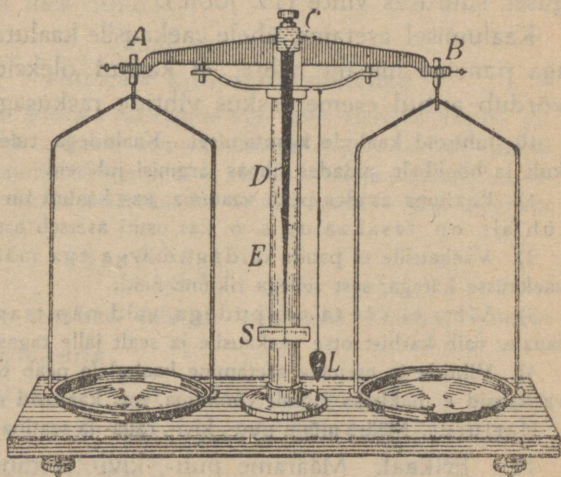
9. joon. Vedrukaal.

Peale eelmiste ühikute on praktikas sageli raskusühikuna tarvitusel veel tsentner ehk kvintaal, mis võrdub 100 kiloga.

1. Mitu grammi on 1 tonnis? Mitu mg sina kaalud?
2. Väljenda 5 m<sup>3</sup> puhta vee raskus tsentnerites ja grammides!

9. **Keha raskuse mõõtmine.** Keha raskustungi suuruse ehk kaalu täpsemaks määramiseks kasutame kaalusid. Lihtsamad neist on vedrukaalud

(9. joon.). Selleks on terasvedru, mis venib seda pikemaks, mida suuremad koormised talle otsa riputada. Kõrvalolev numbrilaud näitab, kui palju kaalub keha, mis vedru antud kriipsuni välja venitab. Igapäevases elus tarvitamiseks antakse vedrukaalule teine, praktilisem kuju.

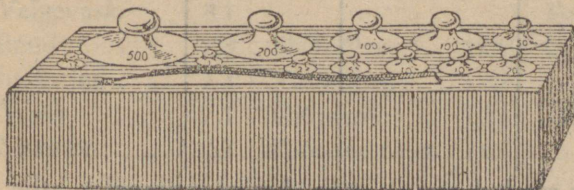


10. joon. Kangkaalud.

Kõige harilikumaks kaalude tüübiks on nn. kangkaalud (10. joon.).

Kangkaalude peaosaks on kang AB, mis keskkohas C terasest kiilu (prisma)

abil toetub alusele E. Kang AB võib prisma C ümber vabalt pöörelda. Kangi otstes A ja B, keskpaigast ühe-



11. joon. Vihid.

kaugusel ripuvad kaalukaunid. Mõlemad kangi pooled AC ja CB, niisama ka kaalukaunid, on üheraskused. Kui kaalud on koormamata või mõlemad kaunid koormatud võrdselt, siis peab kaalukang olema rõhtasendis ning temaga ühendatud osuti D suunatud astmiku (skaala) S keskpaika.

Kangkaalude juures peab alati olema tarvilik arv mitmesuguses suuruses vihte (11. joon.).

Kaalumisel asetame ühele vaekausile kaalutava eseme, teisele aga paneme niipalju vihte, et kaalud oleksid tasakaalus. Siis võrdub antud eseme raskus vihtide raskusega.

10. 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 asetseb astmiku 0-punkti vastu.

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

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

4) Vihtide ja esemete asetamine kaaludele peab toimuma kergelt, et vaekausid ei hakkaks järsult võnkuma, mis kaalusid rikub.

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

11. Erikaal. Määrame puu-, kivi- ja rauatüki kaalu grammides ning ruumala  $\text{cm}^3$ -tes. Saadud andmed paigutame tabelisse järgmiselt:

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

Viimases lahtris saadud arvu — ühe kuupsentimeetri aine kaalu grammides — nimetame selle aine erikaaluks.

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

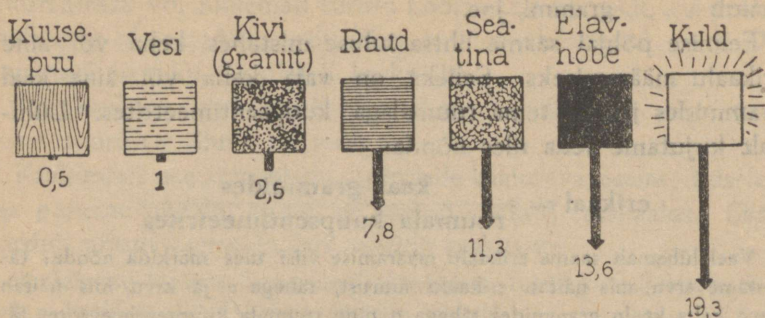
Alljärgnevas tabelis on antud mõne enamtuntud aine erikaal. Vaatle neid arve ja võrdle omavahel! Millised ained kuuluvad raskete, millised kergete hulka?

Erikaalude tabel.

Plaatina . . . . .	21,4	Alumiinium . . . . .	2,7	Vesi (4° C) . . . . .	1,00
Kuld . . . . .	19,3	Graniit . . . . .	2,5	Värnits . . . . .	0,93
Seatina (plii) . . . . .	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<sup>3</sup>-tes (liitrites), missuguste arvudega väljenduvad siis eelmise tabeli erikaalud?

Vasta sama küsimus juhu kohta, kui keha kaal on väljendatud tonnides ja ruumala kuupmeetrites.



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

12. Erikaalu rakendamine. Erikaalu teadmine omab väga suurt praktilist väärtust, 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 erikaal =  $\frac{\text{kaal}}{\text{ruumala}}$  näeme, et erikaal on kaalu ja ruumala jagatis. Matemaatikast teame, et jagatav võrdub jagaja ning jagatise korrutisega. Seepärast siis:

keha kaal = erikaal  $\times$  ruumala ehk  $p = eV$   
ning sellest seosest jälle

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

Näidiseid. 1) Kui palju kaalub 250 cm<sup>3</sup> elavhõbedat?

Elavhõbeda erikaal on 13,6  $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ , seega 1 cm<sup>3</sup> elavhõbedat kaalub 13,6 g ja 250 cm<sup>3</sup> elavhõbedat kaalub  $250 \cdot 13,6 = 3400$  grammi ehk 3,4 kg.

2) Kui palju kaalub 15 cm<sup>3</sup> rauda?

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

3) Kui suur anum mahutab 5 kg petrooleumi?

Petrooleumi erikaal on  $0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ , seega 5 kg ehk 5000 g petrooleumi ruumala 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  $3 \text{ m}^3$  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  $3 \text{ m}^3$  kuiva liiva kaalub:

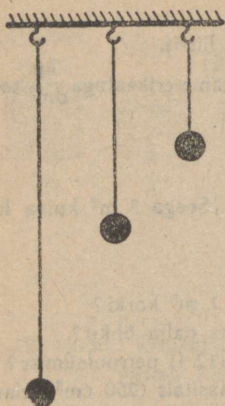
$$3 \cdot 1,6 = 4,8 \text{ tonni.}$$

1. Mitu korda on  $1 \text{ m}^3$  tammepuud raskem kui  $1 \text{ m}^3$  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. Aseta raskuse järjekorda järgmised kehad: klaasitais ( $250 \text{ cm}^3$ ) elavhõbedat, kuupmeeter õhku ja 3 liitrit petrooleumi.
5. Rauatükk kaalub 0,78 tonni. Leia ruumala!
6. Kui palju kaalub 1 tihumeeter kuusepuid?
7. Leia 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 keskmine tugev inimene  $1 \text{ m}^3$  korki üles tõsta?
11. Kui palju kaaluks sinu elusuuruses tehtud kuju graniidist?
12. Kui palju kaalub õhk sinu keha ruumala suuruses?

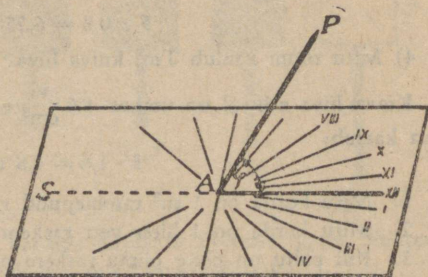
**13. Aja mõõtmine.** Füüsikas on ajamõõduühikuks harilikult sekund. 1 sekund (sek) on  $\frac{1}{60}$  osa minutist, 1 minut (min) =  $\frac{1}{60}$  osa tunnist ja tund (h)  $\frac{1}{24}$  osa keskmisest päikesest ööst-päevast. Viimase ajavahemiku all mõeldakse seda ajavahemikku, mille jooksul Päike oma näivas ööpäevases liikumises ümber Maa teeb keskmiselt ühe täistiiru.

Võrdseid ajavahemikke saame hõlpsasti tekitada pendlite abil, milleks võib olla niidi otsa riputatud koorimis (13. joon.). Võtame rea ühepikkusi pendleid ja paneme nad üheaegselt võnkuma. Me näeme, et nende võnkumisperioodid on võrdsed. Kui aga teeme mõne neist pendlitest pi-

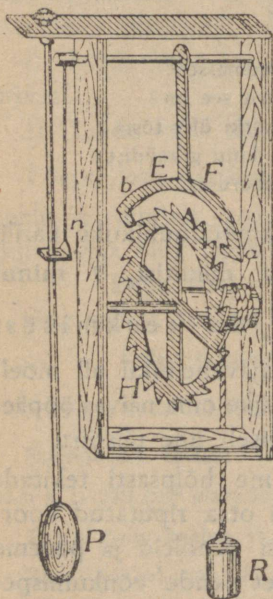
kemaks, mõne lühemaks, siis näeme, et lühem pendel võn-  
gub kiiremini, pikem aeglasemalt. Pendel, mille pik-



13. joon. Pendlid.



14. joon. Päikesekell.



15. joon. Seinakella skeem.

kus on 1 m (täpsemalt 99,4 cm), teeb ühe täisperioodi 2 sekundi, poolperioodi aga (ühest äärest teise) 1 sekundi jooksul. Sedamoodi on hõlpus saada sekundilisi ajavahemikke.

Vanemate ajamõõduriistade hulka kuulub päikesekell (14. joon.). Rõhtsale tasapinnale on kinnitatud taevapooluse (Põhjanaela) suunas varras  $AP$ . Iga päev, kui Päike asub kõige kõrgemal, on vari kõige lühem ja näitab otse lõunast põhja. Märgime ära varju sihi iga tunni tagant, siis saame numbrilaua, mis näitab tõelist kohalikku päikeseaega.

Ametlikult tarvitatava aja saamiseks tuleb teha päikesekella abil saadud tõelises päikeseajas vastavad parandused.

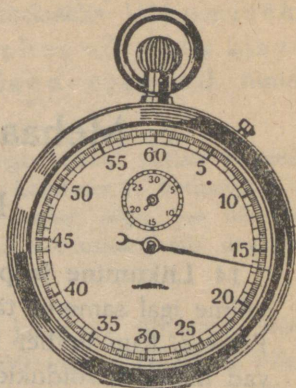
Päikesekell võib meile abiks olla aja määramisel vaid päeval ning selge ilmaga. Seinaja taskukellad aga näitavad meile aega igasuguse ilmaga ning igal ajal.

Seinakella käiku reguleerib harilikult pendel. Iga poolvõngu juures laseb pendel hammasrattal, mida rippuva koormise või vedru abil ümber veetakse, ainult ühe hamba võrra edasi liikuda. Pendli pikkust muutes võime hammasratta liikumist kas kiiremaks või aeglasemaks muuta. Pendli seisumajäämist aga takistavad tõuked, mis hammasratas talle annab. Hammasrataste kaudu kandub peavõlli pöörlemine edasi numbrilaua osutitele, mille järgi me loeme aega.

Lühemate ajavahemikkude mõõtmiseks, näiteks spordi alal, tarvitatakse erilisi ajamõõtjaid, nn. sekundomeetreid (stoppereid).

1. Mitu sekundit on tunnis? ööspäevas?
2. Kirjuta üles avaldis, mis näitab sinu vanust tundides (minutites, sekundites).

3. Kuidas mõjub temperatuuri muutus pendelkella käigusse?



16. joon. Sekundomeeter.

Vanasti olid ajamõõduriistadena kasutamisel ka nn. liivakellad. Millisel põhimõttel toimus nende töötamine?

# Mehaanika põhimõisteid.

## Liikumisnähtusi.

14. 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 asenditei 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 toimub antud liikumine või paigalolek, sest me tunneme ainult suhtelist ehk relatiivset liikumist ja suhtelist paigalolekut.

1. Too näiteid suhtelise liikumise ja paigaloleku kohta!
2. Pane tähele, kas sina saad olla nõnda, et sul ükski kehaosa ei liiguks!
3. Kas tead nimetada looduses mõnd keha, mis oleks täiesti (absoluutselt) paigal?

15. Ühtlane ja ebaühtlane 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 ajavahemikes, näiteks sekundites, ära käib võrdsed teeosad, nimet. ühtlaseks liikumiseks. Liikumist aga, kus keha mistahes võrdseis ajavahemikes ära käib mittevõrdsed teeosad, nimet. ebaühtlaseks liikumiseks.

Inimesel on võimatu tekitada kauemat aega kestvat ühtlast liikumist. Parimadki kellad ei käi kauemat aega õigesti. Looduses on ühtlastest liikumistest kõige enam tuntud Maa pöörlemine ümber telje. See liikumine peegeldub meile taevaskera näivas ööpäevases pöörlemises, mis ongi meil aluseks õige kellaaja saamisel.

**16. Ühtlase liikumise kiirus.** Kui jalamees ühtlaselt kõndides igas tunnis 5 km ära käib, siis ütleme, et jalamehe liikumise kiirus on 5 km tunnis (lühidalt kirjutatud:  $5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ); 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 keha ära käib ühe ajaühiku jooksul.

Sellest järeneb, et ühtlaselt liikuva keha

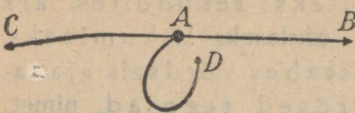
$$\text{kiirus} = \frac{\text{käidud tee pikkus.}}{\text{vastav aeg}}$$

Tähistame üldises kujus vastavais ühikuis mõõdetud kiiruse suuruse tähega  $v$  (ladina keeles *velocitas* — kiirus), käidud tee pikkuse tähega  $s$  (lad. k. *spatium* — ruum, kaugus) ja aja tähega  $t$  (lad. k. *tempus* — aeg), siis võime eelmise reegli kirjutada lühidalt järgmiselt:

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

Ainult kiiruse suuruse põhjal ei saa veel otsustada, kus kohal asetseb liikuv keha liikumisaja lõpul; selleks on vaja veel

teada, missugust teed mööda ja mis suunas (kuhu poole) 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.



17. joon. Ainult kiiruse suuruse põhjal ei saa veel määrata keha asendit.

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?

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? Vasta 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 ära käib 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.

17. **Keskmine kiirus.** Harilikult ei liigu kehad ühtlaselt, vaid **ebaühtlaselt**, näiteks rong jaamast välja ja jaama sisse sõites, auto liikuma hakates ning seisma jäädes jne.

Ebaühtlase liikumise puhul kõneleme liikuva keha **keskmisest kiirusest**. Selle saame, jagades kogu käidud tee pikkuse tema ärakäimiseks kulutatud ajaga. Näiteks kiirrong kulutas Tallinna ja Tartu vahe (191 km) ärasõitmiseks 3 tundi 6 min. Selles ajavahemikus on peatus Tapal ja Jõgeval kaasa arvatud. Samuti on rongi liikumise kiirus selle aja jooksul väga mitmesugune. Keskmise kiiruse saamiseks tuleb kogu tee pikkus jagada kogu ajaga.

Tee seda! Leia 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. Liikumist, kus kiirus suureneb, nimet. **kiirenevaks**, liikumist, kus kiirus väheneb — **aeglustuvaks** liikumiseks.

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

Kiiruste tabel.

Aurik . . . . .	30 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$	Kärbes . . . . .	7 $\frac{\text{m}}{\text{sek}}$
Aeroplaan. . . . .	180 "	Maa ümber Päikese	30 $\frac{\text{km}}{\text{sek}}$
Auto . . . . .	70 "	Nõrk tuul . . . . .	2—4 $\frac{\text{m}}{\text{sek}}$
Hobune sammu käies	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. Kujuta võrdlevalt auriku, aeroplaani, auto, hobuse, jalakäija ja kiirrongi kiirus! Kiiruse  $1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  kujutamiseks võta 1 mm.

2. Leia oma käimise keskmine kiirus kodunt kooli ja ümberpöördult!

3. Jalamees käib 45 minutiga 3 km. Leia 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. Saja meetri jooksu rekordajaks Eestis on praegu 10,7 sekundit. Leia sellele vastav keskmine kiirus  $\frac{\text{m}}{\text{sek}}$ -tes! Ülemaailmaline rekordaeg saja

meetri jooksus praegu on 10,2 sek. Missugune keskmine kiirus vastab sellele? Kui palju suudaks inimene seesuguse kiirusega tunnis edasi liikuda?

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

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

## Tung ja töö.

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

Pane lauale 2 metallraha (või ka rohkem) teineteise peale ja löö 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 põhjusest, ka ei muuda ükski keha ilma põhjusest oma liikumise suunda ega kiirust.

Need kaks kehade omadust võime lühidalt kokku võtta lauses: iga keha püüab säilitada oma liikumise olekut. On keha paigal, siis püüab ta edasi paigale jääda; kui aga keha liigub, 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 püüab kas paigal või liigub ühtlaselt ning sirgjooneliselt seni,

kuni mõni põhjus seda olekut ei muuda. See lause kannab inertsiseaduse nime, sest inertsis all mõeldaksegi kehade omadust alal hoida oma liikumise olekut.

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 täheteaduseprofessoriks Pisa ja Padova ülikoolis. Peale inertsiseaduse tegi Galilei terve rea teisi tähtsaid avastusi loodusteaduse alalt: avastas kehade vaba langemise seadused, pendli võnkumise seadused, tungide rööpküliliku seaduse jne. Ka ehitas Galilei pikksilma, millega esimesena vaatles Päikest ja tegi kindlaks, et Päikese pinnal on tumedad laigud. Galilei pooldas ka avalikult Koperniku õpetust Maa liikumisest ümber Päikese. Selle eest pandi ta vangi ja sunniti vägivaldselt koguni lahti ütlema oma õpetusest. Kuulus Torricelli oli Galilei õpilane, kes jätkas Galilei tööd.



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

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

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

1. Seo tükk niiti näiteks tooli külge ja vea 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 on tingitud maavärsemise hävitav (purustav) mõju?

3. Pane pabeririba laual seisva veeklaasi või mõne teise väiksema eseme alla ja tõmba äkki ära. Mida paned tähele ja kuidas seda seletada? Tõmba pikkamööda — mida märkad siis?

4. Kui sõiduk äkki liikuma hakkab, langevad reisijad tahapoole. Äkilisel seismajäämisel toimub vastupidine nähtus. Mispärast?

5. Mispärast tuleb tolm kloppimisel või raputamisel riietest välja?

6. Kui veega täidetud klaas äkki liikuma või seisma panna, läheb vett üle ääre maha. Mispärast ja kuhu poole?

7. Me teame, et Maa pöörleb oma telje ümber läänest itta. Mispärast langeme meie maapinnalt ülès hüpates samale kohale tagasi, aga mitte üles-hüppamiskohast lääne poole?

8. Kuhu poole tuleb liikuvalt sõidukilt maha hüpata, et mitte maha kukkuda?

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

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

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

12. Mispärast õunad puu raputamisel maha langevad?

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

14. Tagaajamisel on kasulik suuna äkilise muutmiseega end kaitseda. Mispärast?

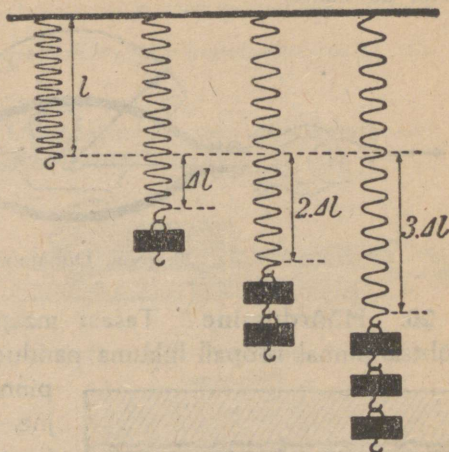
**19. Tung ja selle mõõtmine.** Riputame mõne eseme, näiteks võtme, niidi otsa ja põletame niidi läbi. Võti ei jää oma endisse asendisse püsima, vaid langeb maha.

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

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

Meile tuntud liikumise muutumise põhjused ehk tungid on inimese ja loomade lihastetung, raskustung, magneti- ja elektritung, vetruvustung, hõõrdumitung 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 otustame ka 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.).



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

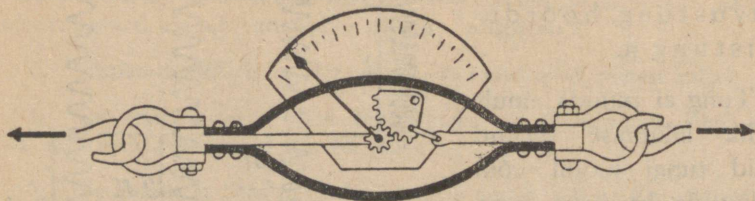
Nagu teame, mõõdetakse raskustungi suurust kaaluühikute (kg, g jne.) abil. Kõiki teisi tunde aga võime raskustungiga võrrelda, järelkult kaaluühikuis mõõta. Nii näiteks võime öelda, et antud magnetitungi suurus teatavas kauguses oleva rauatüki külgetõmbamisel on 10 g, hõõrdumitungi suurus kelgu liugumisel 5 kg, lihastetungi suurus kivi tõstmisel 10 kg jne.

Peale raskusühikute on mehhaanikas väga sagedasti tarvitatavaks tungiühikuks düün, mille suurus on  $\sim 0,001$  (täpsemalt  $\frac{1}{981}$ ) grammraskusest.

Peame meeles:

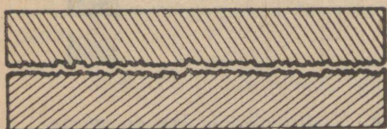
$$1 \text{ düün} \approx 0,001 \text{ g ehk } 1 \text{ mg.}$$

Riistu, millede abil saab mõõta tungi suurust, nimetatakse dünamomeetriteks (20. joon.). Selleks otstarbeks võib tarvitada ka kaalu.



20. joon. Dünamomeeter.

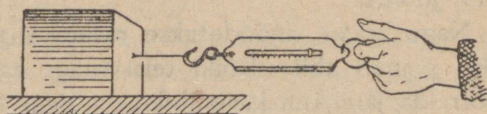
**20. Hõõrdumine.** Tasast maapinda mööda visatud kivi, rõhtsal pinnal rööpail liikuma pandud vagun, uisutaja jääl, vee-  
pinnal liikuma tõugatud paat jne. — kõik nad kaotavad varsti oma liikumise kiiruse, ja jäävad lõpuks seisma, kui neile ei anta uut tõuget liikumiseks.



21. joon. Hõõrdumist tekitavad pinnakonarused.

liikumist? — Kehade pind ei ole kunagi päris sile, vaid konarlik (21. joon.). Liikumisel jäävad ühe keha pinda konarused teise keha konaruste vahele ja takistavad sedaviisi liikumist. Me ütleme sel puhul lühidalt: liikumist takistab hõõrdumine ehk hõõrdumistung.

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

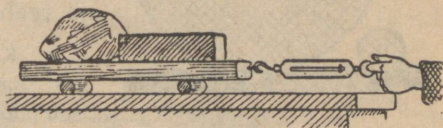


22. joon. Hõõrdumistungi määramine liugumisel.

Näitena määrame hõõrdumistungi suuruse tooli vedamisel mööda põrandat. Selleks tõmbame tooli vedrukaalu konksu pidi mööda põrandat edasi.

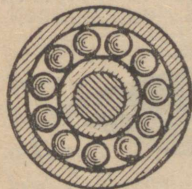
On tooli edasiliikumine enam-vähem ühtlane, siis näitab vedrukaal hõõrdumistungi suurust. Olgu see näiteks 1 kg ja tooli raskus 4 kg. Nüüd võime kergesti arvutada, kui suure osa tooli raskusest (4 kg) moodustab hõõrdumistung (1 kg) ehk kui suur on hõõrdumistungi ja tooli raskuse suhe. Saame:  $1 \text{ kg} : 4 \text{ kg} = \frac{1}{4}$ . Seda suhet nimetatakse hõõrdumiskoefitsiendiks ehk hõõrdumisteguriks.

Määra eespool kirjeldatud viisil hõõrdumistungi suurus risttahukakujulise klopi, puuhalu, kasti jne. vedamisel mööda põrandat (22. joon.)! Arvuta iga juhu kohta hõõrdumistungi ja keha raskuse suhe ehk hõõrdumiskoefitsient! Võrdle saadud hõõrdumiskoefitsiente omavahel!



23. joon. Hõõrdumistungi määramine veeremisel.

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



24. joon. Kuul-laager.

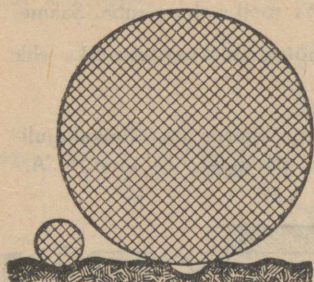
Katsed näitavad, et hõõrdumine veeremisel on märksa väiksem kui liugumisel. Seepärast püütaksegi igal pool, kus vähegi võimalik, liugumist asendada veeremisega (kuullaagrid jalgrattal, autol; palkide, vaatide veeretamine jne.). Aga mispärast pole vanker rege siiski hoopis välja tõrjunud?

Väga palju inimsoo tööst kulub hõõrdumise ületamiseks, näiteks hõõrdumise ületamine raudteerongi, vankri, saani jne. vedamisel, viilimisel, saagimisel, värvimisel, pühkimisel, kirjutamisel, kündmisel — üldse iga töö juures. See on hõõrdumise kahjulik toime. Teiselt poolt aga oleks elu ilma hõõrdumiseta täiesti võimatu: meie ei saaks ilma hõõrdumiseta seista ega kõndida, puujuured ei püsiks maa sees ega kalossid jalas, rihtmäd ei veaks masinaid ümber jne.

Too veel näiteid, kus hõõrdumine on meile kasulik!

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

Et hõõrdumine on tingitud kehade kokkupuutepindade konarusest, siis on hõõrdumine alati väiksem, kui kokkupuutepinnad on hästi siledad. Samas mõttes mõjub ka õlitamine: õlikiht katab kokkupuutuvad pinnad ja teeb nad libedaks.



25. joon. Väikesel rattal on hõõrdumine suurem.

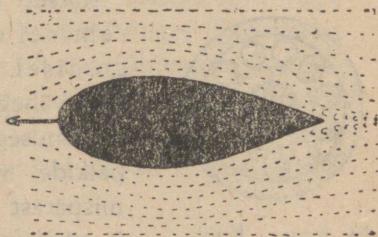
1. Kui puuduks hõõrdumine, kas oleks siis võimalik liikuma hakata, seisma jääda, asju nõõriga kokku siduda, naelu ja kruvisid tarvitada jne.?

2. Mispärast on tähtis, et maanteed oleksid hästi siledad?

21. Keskkonna takistus. Kõik meie liikumised toimuvad kas õhus või vees. Õhk ja vesi, samuti teised gaasid ja vedelikud, takistavad kehade liikumist



26. joon. Auto liikumisel tekkinud õhukeerised takistavad liikumist.



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

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.

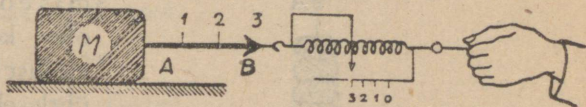
Keskkonna (õhu, vee) takistav mõju liikumisele suureneb liikuva keha esipinna ja liikumise kiiruse suurenemisega. Keskkonna takistuse vähendamiseks on väga oluline ka liikuva keha väline kuju, sest iga keha õhus või

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.

1. Missugune kuju on lindude ja kalade kehadel?
2. Missuguseid takistusi tuleb ületada kelgusõidul?

**22. Tungi graafiline kujutamine.** Tungi mõju kehale oleneb tungi suurusest ja ka sellest, kus kohal ja missuguses suunas antud tung mõjub kehale. Too näiteid selle kohta! Ke-

ha punkti, milles tung otseselt mõjub, püüdes teda liikuma panna või olemasolevat



28. joon. Tungi graafiline kujutamine.

liikumist muuta,

nimet. tungi rakenduspunktiks; 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 asetseb antud tungi rakenduspunktis  $A$ , suund näitab antud tungi suunda ja pikkus mahutab endas nii mitu mõõtu, kui mitu tungiühikut on antud tungi suuruses.

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

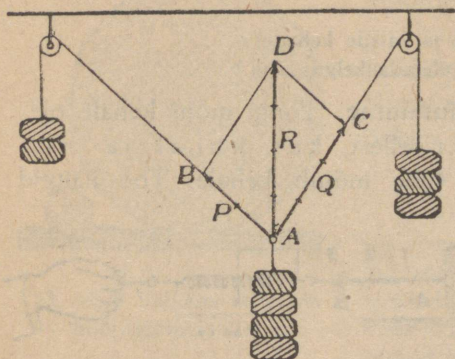
**23. Tasakaal.** Võtame kätte raamatu. Raamat tungib raskuse mõjul Maa poole, kuid ta ei saa alla langeda, sest käelihaste tung mõjub vastupidises suunas ja hoiab tasakaalus raamatu raskustungi. Raamat jääb paigale.



29. joon. Tungid on tasakaalus.

Raudteerong liigub

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



30. joon. Tungide rööpkülik.

Tungid on tasakaalus, kui nad ei muuda keha liikumiseolekut: paigalolev keha jääb tungide mõjust hoolimata paigale, ühtlaselt sirgjooneliselt liikuv keha jätkab oma liikumist samal viisil (29. joon.).

Too näiteid tasakaalustatud tungide kohta!

**24. 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 **liideta-vaiks** ehk **komponentideks**, liitmise 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? Too näiteid selle kohta!

Võtame nüüd 2 tungi:  $P = 2$  kg ja  $Q = 3$  kg, mis on raken-datud mõlemad samas punktis  $A$  (30. joon.), kuid nende suunad 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.

1. Näita, 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. Näita graafiliselt, et mitme komponendi liitumisest saadud resultant ei olene komponentide liitumise järjekorrast!
5. Leia graafiliselt järgmiste komponentide  $P$  ja  $Q$  resultandid, kui komponentide ja nende vahel oleva nurga ( $A$ ) suurused vastavalt on:

a)  $P=3$  kg,  $Q=4$  kg,  $\hat{A}=90^\circ$ ;

b)  $P=Q=5$  kg,  $\hat{A}=120^\circ$ ;

c)  $P=5$  kg,  $Q=12$  kg,  $\hat{A}=90^\circ$ ;

d)  $P=4$  kg,  $Q=6$  kg,  $\hat{A}=60^\circ$ .

6. Rakenduspunktis  $A$  mõjuvad 4 tungi: põhja suunas  $P_1=17$  kg, ida suunas  $P_2=12$  kg, lõuna suunas  $P_3=13$  kg ja lääne suunas  $P_4=9$  kg. Leia suunalt ja suuruselt nende resultant  $P$ !

**25. Töö ja selle mõõtmine.** Me teeme tööd, kui tõstame kivi või ületame mingit muud raskust, veame kelku, pumpame vett jne. Samuti teeb tööd hobune koormat vedades, aurukatel rehepeksu- või mõnd 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 keha, millele mõjub töötav tung, liigub. Mida suurem on takistus ja mida kaugema maa peal tuleb teda ületada, seda suurem on ka tehtud töö hulk. Füüsikas mõõdetakse töö hulka ( $A$ ) tungi suuruse ( $F$ ) ja tungi rakenduspunkti poolt käidud tee pikkuse ( $s$ ) korrutisega, s. o.

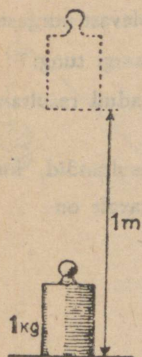
töö = tung  $\times$  tee, ehk lühidalt

$$A = F \cdot s.$$

Kui me näiteks tõstame 1 kg vertikaalselt 1 m võrra kõrgemale, siis nihkub 1 kg-se tungi rakenduspunkt edasi tungi suunas 1 m võrra. Seejuures tehtud töö hulka nimetame

**kilogramm-meetriks (kgm)** ehk meeter-kilogrammiks (mkg), mis töö hulga mõõtmise ühikuna on üldiselt tarvitusel. Eelöeldust selgub, et 3 kg tõstmisel 2 m võrra kõrgemale teeme  $3 \cdot 2$ , s. o. 6 kgm tööd; 400 g 50 cm võrra kõrgemale tõstmisel  $0,4 \cdot 0,5$  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 (31. joon.). Näiteks, kui hobune vankrit edasi tõmbab 80 kg tugevuselt 5 m võrra, siis on tehtud töö hulk  $80 \cdot 5$  ehk 400 kgm.



31. 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 moodustab uue tööühiku, 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 ülaltoodud mõttes on kindlasti seotud liikumisega. 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 palka. Mispärast hobune seejuures siiski väsis? Samuti „liikumatul“ paigal seistes, kätt kõrvale väljasirutatult hoides, vastu lauda rõhudes jne. väsimise siiski, sellest hoolimata, et me füüsika mõttes seejuures tööd ei tee. Mispärast? Too veel samalaadilisi näiteid!

Inimeste ja loomade lihastetungi, masinate, tuule, vee jne. tööd nimetatakse sagedasti ka mehaaniliseks ehk füüsiliseks tööks vastandina vaimsele tööle, mida teeme lugedes, ülesannet lahendades, üldse mõeldes. Ka vaimse töö juures me väsimise, kuigi siin pole tegemist kehade liikumapanemisega nagu mehaanilise töö juures.

1. Mitu kgm 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, mis sa teed puuhalu, kelgu, kivi, laua või mõne teise koormise vedamisel mööda põrandat. Kas oleneb tehtud töö hulk ajast, mille jooksul see töö on tehtud?

4. Kuidas oleks võimalik mõõta tööd, mida teeb hobune koormavedamisel, kündmisel jne.?

5. Mitu kgm tööd teed sa esimeselt korralt teisele minnes, kui kordade vahe on 4 m?

6. Mitu kgm 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 kgm tööd tegi hobune raskustungi ületamiseks?

8. Kooli veevärgi reservuaar mahutab 1,2 m<sup>3</sup> vett ja asetseb keskmiselt 35 m kõrgemal veepinnast kaevus. Vähemalt mitu kgm 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 kgm-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 kulub 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 kgm tööd teed sa iga päev kooli minnes?

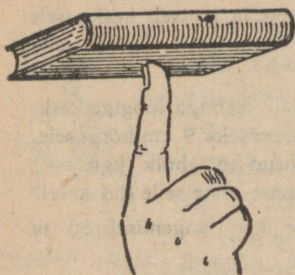
13. Mitu kgm tööd teeb raudteevedur rongi Tartust Tallinnani vedades (191 km), kui rong kaalub 150 tonni ja veduri tõmbetugevus on 0,5% rongi raskusest?

## Raskuspunkt ja tasakaal.

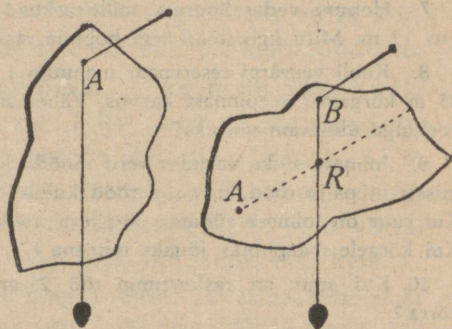
26. Raskuspunkt. Kõik kehad tungivad Maa poole raskuse ehk raskustungi mõjul. Kui tahame, et keha oma raskuse mõjul liikuma ei hakkaks, vaid paigal püsiks, siis peame raskuse mõju tasakaalustama. Selleks kas kinnistame keha mõne punkti liikumatult paigale, näiteks lööme pildi naelaga seina külge, või 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 kõites raamatu (joonlaua) ja tasakaalustame tema raskuse sõrmega alt toetades (32 joon.). Sellest näeme, et raamatu 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 (33. joon.). Selleks pistame papitüki ühest äärest (A) nõõpnõela või mõne peenikese varda läbi nii, et ta selle ümber saaks



32. joon. Sõrm toetab raamatu raskuspunktis.



33. joon. Papitüki raskuspunkti määramine.

vabalt pöörduda. Nõõpnõel on toeks ehk toetuspunktiiks, mis tasakaalustab papitüki raskuse. Pärast lühikest võnkumist jääb papitükk seisma. Siis asetseb raskuspunkt püstjoonel otse toetuspunkti all, sest muidu ei tasakaalustaks toetuspunkt papitüki raskust.

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. Papitüki selles punktis toetades jääb ta paigale, sest ta raskus on tasakaalustatud.

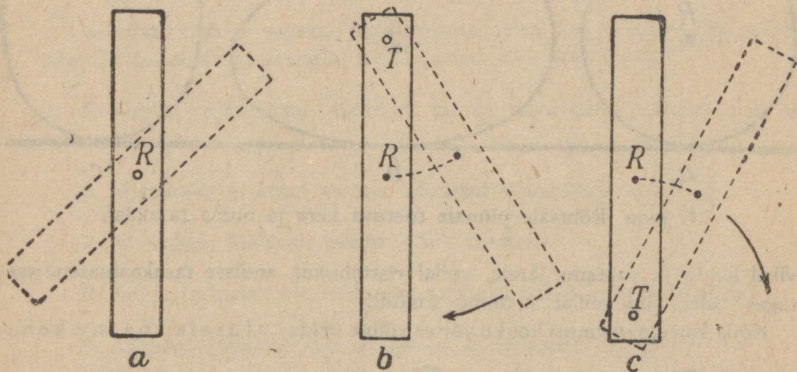
Eelmist raskuspunkti määramise viisi võime rakendada igasuguste kehade kohta. Raskusi tekitab vaid toetuspunktijärgne püstjoone märkimine juhul, kui see läheb läbi keha tema seest.

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

2. Määra 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 (34. joon., *a*). Katsed näitavad, et raskuspunktis 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.



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

Asendis *b* (34. joon.) on joonlauda raskuspunkt (*R*) otse toetuspunkti (*T*) all. Joonlaud on siis püsivas tasakaalus, sest sellest asendist teda välja viies tuleb ta ise sinna jälle tagasi.

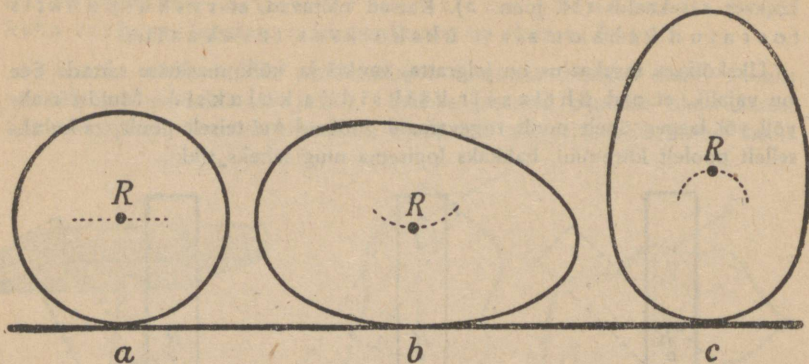
Asendis *c* on joonlaud mittepüsivas tasakaalus, sest siin joonlaud, tasakaalust välja viidud, ei tule ise sinna enam tagasi.

Rõhtsale pinnale toetuv ühtlane kera (35. joon., *a*) on ükskõikses tasakaalus, sest siin on toetuspunkt igas asendis otse raskuspunkti all. Ka jääb kera veeremisel raskuspunkt alati samale kaugusele toetuspinnast.

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* (35. joon.) on tasakaal mittepüsiv, sest siin on raskuspunkt kõige kõrgemas asendis. Sellest asendist keha välja viies ei tule ta ise sinna enam tagasi.

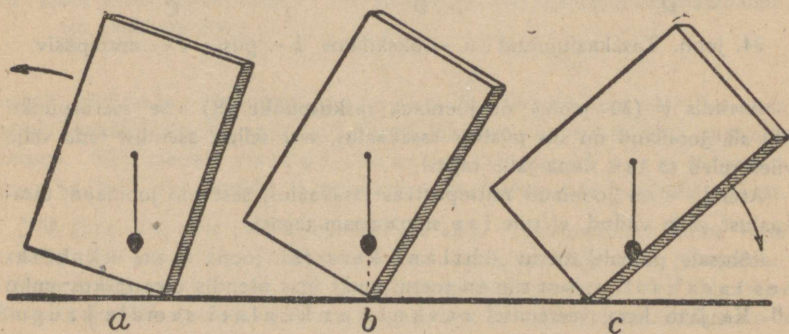
Võtame veel risttahukakujulise paksema lauaotsa. Ta raskuspunkt asetseb keskel. Lööme tahu keskele raskuspunkti kohale naelakese ja riputame sinna otsa loe (36. joon.). Nüüd asetame risttahuka ühele servale mitmel



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

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

Kõiki katsete tulemusi kokku võttes võime öelda: alusele toetuv keha



36. joon. Tasakaalujuhud risttahuka toetumisel pinnale:  $a^m$  — püsiv,  $a^m$  — mittepüsiv,  $c$  — kukub ümber.

tuleb endisse tasakaaluasendisse tagasi ainult siis, kui raskuspunkti tõmmatud ristjoon läheb seestpoolt toetuspiirjoont. Vastasel korral kukub keha ümber. See on üldine tasakaalutingimus kõigi toetuvate kehade puhul. Siit järeldub ka, et keha ta

sakaal on seda püsivam, mida suurem on toetuspiirjoon ja mida madalamal asetseb raskuspunkt.

1. Kumb läheb kergemini ümber: kas õle- või liivakoorem? vanker või regi? tühi või petrooleumiga täidetud lamp?

2. Mispärast on karkudel, palgil, aialatil, nõõril jne. raske kõndida?

3. Mispärast hoiab inimene, kes kannab mingit koormist, ühele või teisele poole kaldu?

4. Seisa näiteks vasema küljega hästi seina ligi ja katsu ka mõlemad jalad hästi seina ligi asetada. Mida paned seejuures 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?

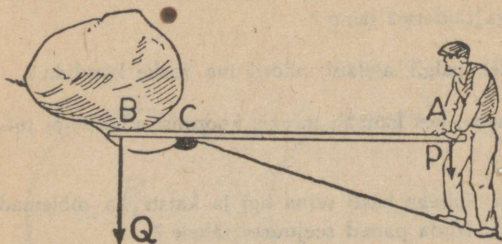
10. Milline on köietantsija tasakaal?

## Lihtmasinad.

28. Tööriistad ja masinad. Inimesel tuleb ületada töötegemisel suuruselt väga mitmesuguseid takistusi, nagu: kive ja kände kaaluda, vaati vankrile veeretada, vett kaevust välja tõmmata jne. Otsesest lihastetungi rakendamisest sagedasti ei jätku, seepärast tarvitab inimene töötegemisel mitmesuguseid kunstlikke tööriistu või seadeldisi, mida nimetatakse ka masinaiks. Lihtsamad neist on kaldpind, kang, plokk, vinn, kiil ja kruvi.

29. Kang. Tasakaal kangil. Suurte koormiste nihutamiseks, näiteks kivide ja kändude kangutamisel, on väga kasulik

tarvitada kangi (37. joon.). See on tugev sirge varb AB (puu- või raudlatt), mille üks ots (B) pannakse tõstetava keha alla,

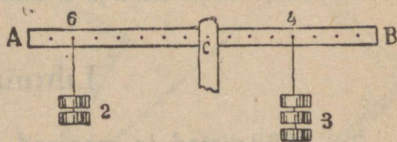


37. joon. Kivi kaalumise kangil abil.

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. Utleme, et tööline lasub kangil otsas A kogu oma rasku-

tega — 75 kg. Kui tugevasti rõhub kang kivi ülespoole otsas B? Küsimuse vastamiseks teeme rea katseid lihtsa kangiga, mis on kujutatud 38. joonisel.

Siin kang AB annab vabalt pöörduda raskuspunkti C läbiva telje ümber. Et varva kogu raskust võime kujutella rakendatuna raskuspunktis C, viimast läbiv telg aga toetub sambale ning püsib paigal, siis peab ka varb AB jääma igas asendis tasakaalu. Riputame ühele poole kangile 2 ühesugust koormist 6 ühiku kaugusele toetuspunktist. Kui tahame tasakaalustada kangi 3 niisama suure koormisega, siis peame riputama need 3 koormist kangile teisele poole toetuspunkti 4 ühiku kaugusele. Koormise kui ka tasakaalustava tungi suuruse märgime tabelisse; ühes sellega märgime sinna ka koormise ja tasakaalustava tungi rakenduspunktide kauguse toetuspunktist — koormise ja tungi õla pikkuse.



38. joon. Kahepoolne kang.

Koormis . . . . .	2 kg	4	3	5	?
Koorm. õla pikkus .	6 ühikut	3	5	?	6
Tasakaalustav tung .	3 kg	3	?	2	2
Tungi õla pikkus . .	4 ühikut	?	3	5	3

Kangil järele katsudes täida puuduvad andmed tabelis! Vaatle veel uusi juhtusid koormiste tasakaalustumisel ja kanna nad tabelisse! Korruta koormise suurus temale vastava õla ja tasakaalustava tungi suurus temale vastava õla pikkusega! Mida paned tähele ?

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

Kasutades 37. joonisel tarvitatud koormise ja tungi tähistust võime eelmise lause lühidalt üles kirjutada nõnda:

$$P \cdot AC = Q \cdot BC.$$

Eelmisest võrdusest järeldub:

$$P : Q = BC : AC,$$

s. o. kangi tasakaalu korral on rakendatud tungid pöördvõrdelised õlgade pikkustega.

Lahenda nüüd ülesanne: kui tugevasti rõhub kang kivi ülespoole otsas *B* (37. joon.)? Seejuures tuleb silmas pidada, et kang rõhub kivi niisama tugevasti kui kivi kangi.

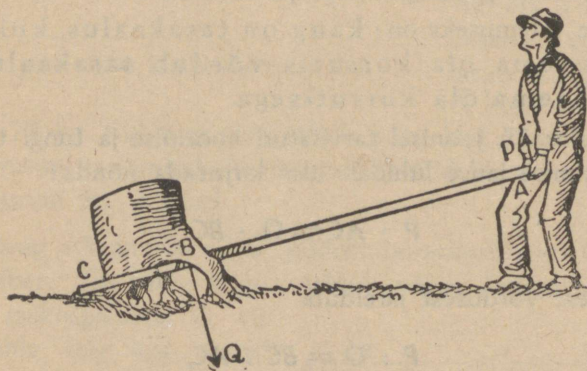
1. Missugused peavad olema kangi tasakaalu korral võrdsete koormiste puhul vastavad õlad?

2. Sa tahad oma raskusega üles tõsta kivi, mis kaalub 500 kg. Missugune peab olema õlgade pikkuste vahekord kangil?

3. Koormise 120 kg tõstmiseks kasutatakse kangi, mis jaguneb toetuspunktis osadeks 2:5. Leia tasakaalustava tungi suurus, kui ta on rakendatud kangi pikema õla otsa.

30. Ühepoolne kang. Kangide liigitamine. Sagedasti kasutatakse kangi 39. joonisel näidatud kujul. Kännukaaluja rõhub kangi, mis toetub punktis C, otsas A ülespoole P kg tugevuselt; känd omakorda surub kangi punktis B allapoole Q kg tugevuselt. Missuguseil tingimustel on tungid P ja Q tasakaalus?

Kirjeldatud kangi nimetatakse ühepoolseks, sest tungid on rakendatud ühel pool toetuspunkti C. Varemikirjeldatud kang (37. joon.) oli kahepoolne, sest seal olid tungid rakendatud kahel pool toetuspunkti. Antud ühepoolse kangi



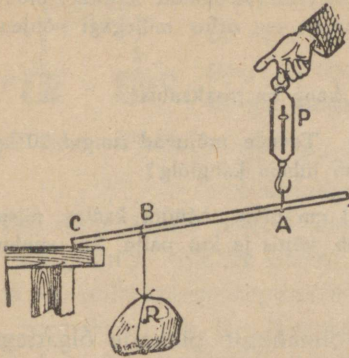
39. joon. Kännu kaalumise kangi abil.

juures on tungi P õlaks AC ja tungi Q õlaks BC. Katsed näitavad, et ühepoolse kangi tasakaalu korral kehtib sama seadus kui kahepoolsegi kangi tasakaalu puhul, s. o. ka ühepoolne kang on tasakaalus, kui koormise ja tema õla korrutis võrdub tasakaalustava tungi ja tema õla korrutisega, ehk lühidalt

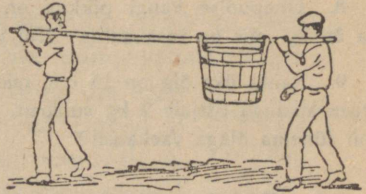
$$P \cdot AC = Q \cdot BC.$$

Samuti järgneb eelmisest võrdusest, et  $P:Q = BC:AC$ , s. o. ka ühepoolse kangi tasakaalu korral on rakendatud tungid pöördvõrdelised õlgade pikkustega.

Tõesta seda ühepoolse kangi abil 40. joonisel kujutatud viisil! Tulemused kannu tabelisse samuti, nagu seda tegime kahepoolse kangi puhul (lk. 37).



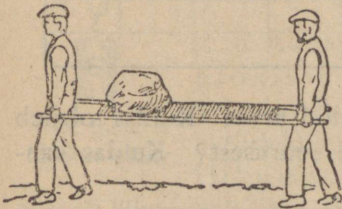
40. joon. Ühepoolne kang.



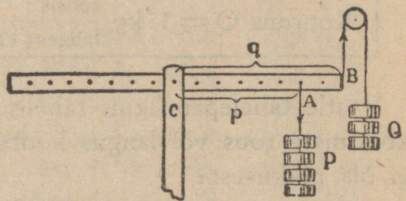
41. joon. Vahepuus kandmine.

1. Mis liiki kanged on järgmised riistad: tangid, pihid, käru, käärid, ukselink, kaevuvinn, pumbaraud, tule- ja pähklitangid, päsmer, lõualuu, inimese käsi, pliiats kirjutamisel, aer sõudmisel jne.? Kus on nende riistadega töötamisel toetuspunkt ja õlad?

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



42. joon. Kandraamil kandmine.



43. joon. Kas see kang on tasakaalus?

3. Kummal on 41. joonisel kujutatud vahepuus kandmine kergem ja umbes mitu korda?

4. Kuidas tuleb asetada asi kandraamile, et ühel oleks kolm korda kergem kanda kui teisel? Kummal on 42. joonise järgi kergem kanda ja umbes mitu korda?

5. Mis liiki kang on harilik kangkaal? Mispärast on kangkaalul õlgade pikkused võrdsed? Missuguse raskusega vihid on vajalikud, et kaaluda asju igasugu ses raskuses?

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

7. Selgita, kas 43. joonisel kujutatud kang on tasakaalus!

8. Ühepoolse kangi pikkus on 2 m. Temale mõjuvad tungid 20 kg ja 30 kg, mis on tasakaalus. Kui pikk on lühem kangiõlg?

9. Kaalu üks õlg on 15 cm, teine 15,1 cm pikk. Müüja kaalus niisuguse kaaluga ostjale 2 kg suhkrut. Kumb võitis ja kui palju, kui suhkur oli lühema õlaga vaekausil?

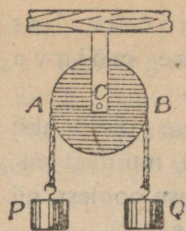
31. Töö kangil. Tasakaalusta võimalikult pikkade õlgadega kangil koormised  $P = 2$  kg ja  $Q = 1$  kg. Nüüd nihuta kangil koormise  $Q$  rakenduspunkti näiteks 12 cm võrra allapoole. Seetõttu koormis  $P$  tõuseb ülespoole 6 cm võrra. Tee 5 säärast mõõtmist ja kanna tulemused tabelisse järgmiselt:

Koormis $P = 2$ kg	langes					
	tõusis	6 cm				
Koormis $Q = 1$ kg	tõusis					
	langes	12 cm				

Vaatle tähelepanelikult tabelis saadud arve! Kuidas oleneb koormiste tõus või langus koormiste suurusest? Kuidas kangi õla pikkusest?

Arvuta nüüd raskustungi töö koormiste nihkumisel üles ja alla eelmise tabeli andmete põhjal. Missugune on tasakaalu korral kangil kulutatud (koormis langeb alla) ja saadud (koormis tõuseb üles) töö vahekord?

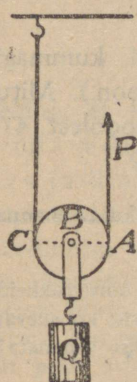
Katsed näitavad, et kulutatud töö võrdub alati saadud tööga, kui jätta arvestamata kaotused hõõrdumise tõttu. See põhilause kehtib mitte üksnes kangi, vaid ka iga teise masina (kald-



44. joon. Plokk.

pind, plokk, kiil, kruvi) ja mehhaanilise seadise kohta. Järelikult me ei võida kangi abil midagi töö hulga mõttes. Küll aga on tegelikult suure tähtsusega asjaolu, et kangi abil on meil võimalik väikese tungiga tasakaalustada suurt ja ümberpöördult. Sel teel saame oma nõrga jõuga ületada suuri raskusi.

tas, mille äärel tehtud soonest nõör üle käib (44. joon.). Nööri otstes mõjuvad tungid P ja Q, mille rakenduspunktideks on vastavalt A ja B. Tasakaalu korral peavad tungide momendid toetuspunkti C suhtes olema võrdsed, s. o.



45. joon.  
Liikuv plokk.

Et  $AC = BC$  kui ketta raadiused, siis

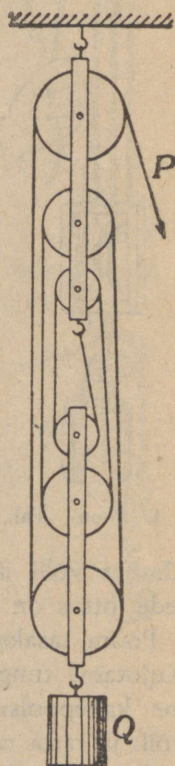
$$P \cdot AC = Q \cdot BC.$$

$$P = Q,$$

s. o. tasakaalu korral on plokisse mõjuvad tungid võrdsed.

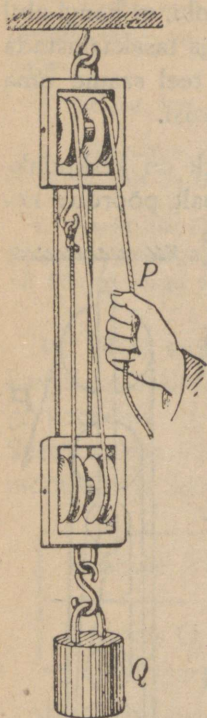
Kirjeldatud plokki nimetatakse liikumatuks, sest plokki telg toetub liikumatult kinnistatud pidemele. Annab aga pide ühes kettaga vabalt üles ja alla liikuda, siis nimetatakse niisugust plokki liikuvaks (45. joon.). Liikuva plokki puhul ripub koormis Q kahe nõöri otsas, tähendab, kumbki neist kannab poole koormise Q raskusest. Järelikult

$$P_2 = \frac{1}{2} Q,$$



46. joon. Liitplokk ehk tali.

s. o. liikuv plokk on tasakaalus, kui nõõrivabas otsas mõjuv tung võrdub pidemesse mõjuva tungi poolega.



47. joon. Tali.

Nagu näha, võidame liikuva ploki abil tungi suuruse poolest 2 korda, muidugi niisama palju kaotades tee pikkuse poolest, nii et töö hulk jääb samaks.

Suurema võidu saamiseks tungi suuruse poolest tarvitatakse nn. liitplokke ehk talisid. 48. joon. kujutab 3 liikumatu ja 3 liikuva ploki ühendust. Et siin koormis  $Q$  ripub 6 nõõri otsas, mis kõik on ühte viisi pingul, siis  $P = \frac{1}{6} Q$ .

Harilikult asetatakse liitploki kummagi poole plokid samale teljele (47. joon.). Mitu korda võidame tungi suuruse poolest 47. joon. kujutatud tali kasutamisel?

1. Mis kasu on liikumatust plokist, kui ta ei anna mingit võitu tungi suuruse poolest?

2. Veskis on tarvis laele vinnata 3 kotti rukkeid (144 kg). Selleks tarvitatakse 4-st plokist koosnevat tali. Kui tugevalt vähemalt tuleb nõõrist tõmmata?

33. Pöör. Pöör koosneb rattast ja võllist, mis annab alusel vabalt pöörduda.

Ümber võlli ja ratta käivad vastupidises suunas nõõrid, millede otsas on rakendatud tungid  $P$  ja  $Q$  (48. joon.).

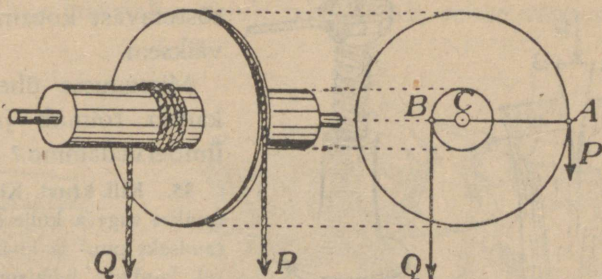
Pööra tasakaalu tingimusi võime kangi abil kergesti seletada. Kujutame tungid  $P$  ja  $Q$  mõjumas samas tasapinnas, siis saame kahepoolse kangi, mille toetuspunktiks on  $C$  ja õlgadeks võlli ja ratta radiused  $CA$  ja  $CB$ .

Tasakaalu korral peab  $P \cdot AC = Q \cdot BC$ . Tähendab, pöör on tasakaalus, kui võllisse ja rattasse mõjuvad

tungid on pöördvõrdelised pööra võlli ja ratta raadiustega.

Ratta asemel tarvitatakse sagedasti võlliga ühendatud vänta.

Pööra kasutatakse meil harilikult kaevust vee vinnamisel (48. joon.) ja nooda tõmbamisel.

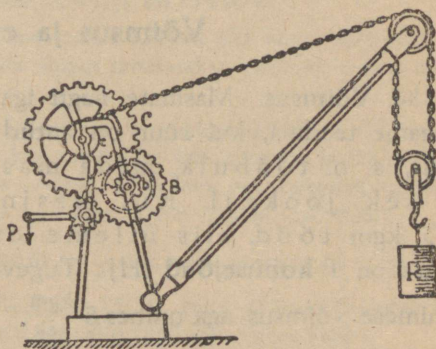


48. joon. Tasakaal pööril.

Näita, et kõigi lihtmasinate kohta kehtib seadus: Mitu korda võidame tungis, nii mitu korda kaotame tees ja ümberpöördult. Sellest järgneb, et töös ei anna lihtmasinad võitu ega kaotust, kui mitte arvestada kaotusi hõõrdumise tõttu.

1. Kaevupööra võlli läbimõõt on 20 cm, vända pikkus 50 cm. Kui tugevasti vähemalt peab vändast lükkama veepange ülesvinnamisel?

2. Pööra võlli raadius on 0,15 m, ratta raadius 0,6 m. Missuguse tungiga on võimalik võlli nõõri otsas rippuvat 180 kg koormist tasakaalustada? Kuidas mõjub siin hõõrdumine?

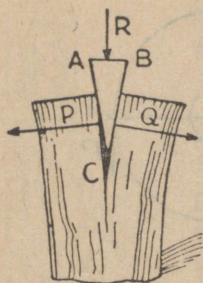


49. joon. Kraana.

### 34. Hammasrattad.

Sageli tarvitatakse pöörade ühendust nn. hammasrattaste näol. Sel teel saavutatakse veel suuremat võitu tasakaalustava tungi suuruse poo-

lest. 49. joonisel on kujutatud pöörade ühendus, mida kut-  
satakse kraanaks. Seda kasutatakse suurte koormiste tõst-  
miseks ehituste juures ja laevade laadimisel ning tühjendami-  
sel. Vaatle tähelepanelikult joonist ja määra, mitu korda on



50. joon. Kiil.



51. joon. Tungraud.

tasakaalustav tung P  
tõstetavast koormisest R  
väiksem.

Missuguste ühenduste  
kaudu toimub jalgratta  
ümbervedamine?

35. Kiil, kruvi. Kiilu kasu-  
tatakse tugeva küljerõhu teki-  
tamiseks puu- ja kivilõhkumi-  
sel, laudade ligiajamisel põ-  
randapanekul. Kruvid leiavad  
rakendamist asjade ühenda-  
misel (puu- ja rauakruvid),

tugeva rõhumise tekitamisel (tungraud, raamatukõitmispress) ja laevade  
ning lennukite liikumapanemisel (propeller). Vaatle 50. ja 51. joon.  
kujutatud kiilu ja tungrauda ning katsu seletada nende töötamist.

## Võimsus ja energia.

36. Võimsus. Masinate nagu iga teisegi tööjõu tarvitamisel  
peame teadma, kui suur on antud masina või tööjõu võim-  
sus, s. o. tööhulk, mida masin või tööjõud teeb  
1 sek. jooksul. Kui masin teeb igas sekundis  
75 kgm tööd, siis ütleme, et selle masina võim-  
sus on 1 hobusejõud (HJ). Tugeva hobuse võimsus on 1 HJ,  
inimese võimsus aga umbes  $8 \frac{\text{kgm}}{\text{sek}}$ .

Saksa masinatel on võimsus märgitud tähtedega PS (Pfer-  
destärke), inglise omadel aga tähtedega HP (horsepower). Kuna  
 $1 \text{ PS} = 1 \text{ HJ} = 75 \frac{\text{kgm}}{\text{sek}}$ , on 1 HP pisut suurem kui 1 HJ,  
nimelt:  $\text{HP} = 1,014 \text{ HJ}$ .

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 HJ 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.



52. joon. Hobuse tõmbetugevuse mõõtmine koorma vedamisel.

$$\text{Inimese võimsus} \approx 8 \frac{\text{kgm}}{\text{sek}}$$

$$1 \text{ HJ} = 75 \frac{\text{kgm}}{\text{sek}}$$

Võimsust, kus masin ig'as sekundis teeb 1 džauli tööd, nimet. vattiks (W). Tuhat vatti on 1 kilovatt (kW),  $1 \text{ HJ} = 736 \text{ W}$ .

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

Meelespidamise hõlbustamiseks pane tähele, et sümbolid kW ja kWh on tuletatud sama põhimõtte järgi kui näiteks kg (kilo-gramm) ja km (kilo-meeter). Siin k asendab sõna *kilo* — tuhat, W — sõna *vatt* (tuletatud inglise füüsiku James Watt'i nimest) ja h — sõna *tund* (ladina keeli *bora*).

1. Mitme inimese tööjõu asendab aurukatel, mille võimsus on 6 HJ?
2. Narva kose võimsus on ligikaudu 75 HJ. Mitu töömeest 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, oletades, et töölise võimsus on  $8 \frac{\text{kgm}}{\text{sek}}$ ?

37. **Energia.** Me teame, et töötegemisel tuleb võita ehk ületada mõnesuguseid takistusi, nagu raskustungi, hõõrdumist, inertsit jt. Ilma takistuste ületamiseta ei ole tööd. Küsime nüüd, missugused kehad võivad teha tööd? Ligemalt tähele pannes näeme, et seda võib teha iga liikuv keha, nagu aurukatla hooratas 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 koormisil (kellapommid), kokkukeeratud vedrul (kellavedru), kuumal aurul katlas, lõhkeaineil (püssirohi, dünaamiit) jne. Keha võimet tööd teha nimetatakse keha energiaks ja seda mõõdetakse kõige selle tööhulgaga, mis keha suudab teha. Nii siis: energia on kehas oleva töö tagavara. Kõigis eespool toodud näiteis nimetatud kehadel on energiat.

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.

38. **Energia jäävuse seadus.** Tõttavaid kehi tähele pannes näeme, et tööd tehes väheneb keha energiata tagavara, ta võime edaspidi tööd teha muutub järjest väiksemaks. Nii näiteks heinaniitja kulutab niites oma energiat ja ta peab vahete-vahel sööma ning puhkama, et energiat koguda, samuti ka hobune koorma vedamisel; kellavedru kaotab kellavärgi ümbervedamisel pikkamisi oma pinguloleku ning me peame

aeg-ajalt vedru uuesti üles käänama, kui ei taha, et kell jääks seisma.

Kas siis töötamisel kulutatud energia hävib? Ei. Iga töö tulemusena ilmub kuski uus energia tagavara, kas sama või mõnda teist liiki: keha liikumapanemiseks ära-kulutatud töö tulemusena saame selle keha liikumisenergia, keha tõstmiseks kulutatud töö tulemusena saame ülestõstetud keha potentsiaalenergia, hõõrdumise ületamise tulemusena — soojusenergia 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 täielisel tööks muundamisel saaksime niisama palju tööd. Selles seisnebki nn. energia jäävuse seadus:

Seevõrra kui loodusnähtusi on uuritud, pole seni kuski tähele pandud energia hävimist, vaid ainult ta muundumist ühest liigist teise, kusjuures tekib alati ekvivalentne ehk samaväärne teise liigi energia hulk.

1. Mispärast vasar ja alasi tagumisel soojaks lähevad, samuti sae leht saagimisel, puur puurimisel, traat painutamisel jne.?

2. Jälgi energia muundumist päikesekiirte energiast elektrivalguseni!

3. Mis juhtuks siis, kui Maa oma liikumisel ümber Päikese jääks äkitselt seisma või kui kaks taevakeha põrkaksid kokku? Millest on tingitud raudteerongide kokkupõrke purustav jõud?

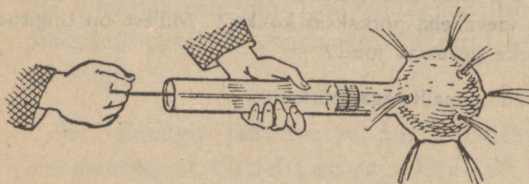
4. Millega seletada kummipalli tagasipõrkamist?

# Vedelikud ja gaasid.

## Rõhumisnähtusi vedelikes.

39. Vedelikkude üldomadusi. Vedelikud (nagu vesi, piiritus, petrooleum) koosnevad osakesist, mis on üksteise suhtes kergesti liikuvad. Seepärast puudub vedelikel oma kindel kujud ning vedelik võtab alati selle anuma kujud, milles ta asub. Vastandina gaasidele pole vedelikud kuigi suurel määral kokkusurutavad, neil on oma kindel ruumala. Ka ei püsi vedeliku osakesed paigal, vaid nad on alalises liikumises, mis järeldeb näiteks segunemis- ja aurumisnähtusist. Osakeste kergest liikuvusest järeldeb ka, et vedeliku vaba pind on alati rõhtus, s. o. risti raskustungiga. Kontrolli seda nurklaua ja loe abil!

40. Rõhumise edasiandumine vedelikus. Pascal'i seadus. Rõhumise all mõistetakse tungi rakendamist kehale pinna kau-



53. joonis. Rõhumise edasiandumine vedelikus.

du. Näiteks tool rõhub põrandat toolijala ja põranda kokkupuutumise pinnal, maja sein rõhub oma raskusega maja alus-

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

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

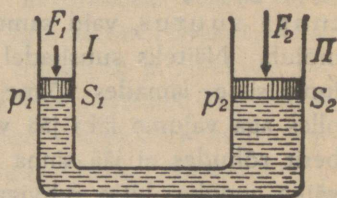
Selle vedelikkude põhiomaduse avastas prantsuse teadusmees Pascal (1623—1662), mispärast seda ka Pascal'i seaduseks nimetatakse.

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

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

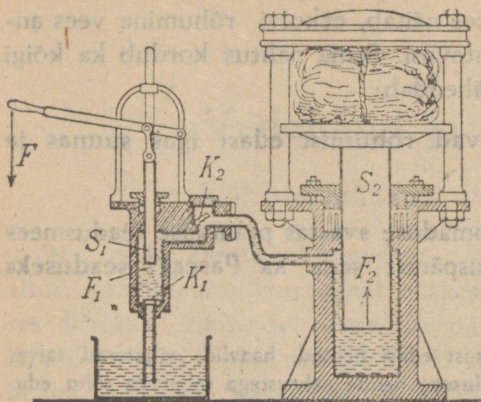
41. Vesipress. Pascal'i seadus järgneb vedeliku osakeste kergest liikuvusest. Seejuures tuleb silmas pidada, et edasiantav rõhumine on võrdeline pindalaga. Kui näiteks vedeliku 1 cm<sup>2</sup>-sele pinnale rõhub tung 1 kg, siis 10 cm<sup>2</sup>-sele pinnale andub see rõhumine edasi juba 10 kg tugevuselt, jne. Sel põhimõttel on ehitatud ja töötab nn. vesi- ehk hüdrauliline press.

Olgu 54. joon. antud vesipressi skeemis 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  $F_1$ . Igale pinnauhikule mõjuvate tungide suurused ( $p_1$  ja  $p_2$ ) on aga tasakaalu korral mõlemas silindris võrdsed. Tahame näiteks II silindri kolviga tekitada hästi suurt rõhumist, siis peame sellele vastavalt silindrite ristlõikepindade suhte  $\left(\frac{S_2}{S_1}\right)$  valima hästi suure.



54. joon. Vesipressi skeem.

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



55. joon. Vesipress.

Vesipressiga võib saavutada õige suuri rõhumiisi (kuni 15 000 tonni). Seejärel kasutatakse vesipressi ehitusmaterjalide tugevuse proovimisel, kohe date ainete (vill, puuvill, heinad) kokkupressimisel, trükimatriitside valmistamisel jne.

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

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

Tungi mõju edasiandmisel pole oluline üksnes edasiantava tungi suurus, vaid samuti pindala suurus, millele tung mõjub. Näiteks suuskadel püsime lumel, ilma suuskadeta vajume sisse; lamades võime püsida koguni nõrgal jääal, püsti olles aga vajume läbi jää vette; pliatsi tõmbi otsaga vastu paberit rõhudes ei jää sinna jälge, terava otsa puhul aga tekib väike auguke; kitsa rehvi ratsas lõhub teed rohkem kui laia rehvi; karkudel kõndides jäävad järele väikesed ümmargused augud, hariliku kõndimise puhul mitte.

Et rõhumise tulemus oleb mitte üksnes rõhuva tungi suurus, vaid ka pindalast, mille kaudu see tung rakendub, siis tuleb rõhumisest kõneldes alati anda mõlemad: tungi suu-

rus ja pindala. Harilikult antakse tungi suurus kg-des ja pindala  $\text{cm}^2$ -tes. Kui näiteks tung 1 kg mõjub pindalale  $1 \text{ cm}^2$ , siis ütleme, et<sup>v</sup> 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 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 ( $100 \text{ cm}^2$ ) 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 suurust, 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 on rõhumispindala suurendamine rakendamist leidnud 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, mis võimaldab traktoril või tankil liikuda mööda hoopis pehmet, muidu täiesti läbipääsematut pinda.

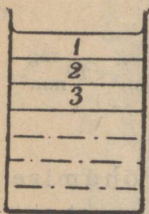
EXHIBIT

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

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

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

**43. Vedeliku rõhumine anuma põhjale.** Võtame püstseintega anuma (56. joon.) ja täidame veega. Lahutame vee anumasse 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 käib iga püstseintega anuma ning iga teise vedeliku kohta.

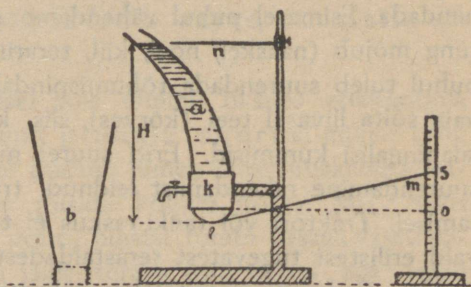


56. joon. Rõhumine põhjale.

Vaatame nüüd, kuidas oleneb rõhumine anuma põhjale anuma kujust. Selleks teeme järgmise katse (57. joon.).

Lahtise silindri  $k$  põhja külge on kleebitud õhuke kummikelme, pealt poolt võib silindri külge kruvida mitmekujulisi klaasanumaid ( $a, b$  jne.). Vett nivooi  $n$  anumasse valades venib kummikelme veerõhumise mõjul välja ja lükkab temaga kokkupuutuva kangikese  $lm$  otsa alla. Kangi teise otsa tõusu loeme skaalal.

Mistahes-kujulisi anumaid silindri  $k$  külge kruvides näeme, et sama nivoo kõrguse  $H$  juures tõuseb kangi ots  $m$  skaalal ühepalju kõrgemale.



57. joon. Rõhumine põhipinnale ei olene anuma kujust.

Sellest katsest järeldame, et vedeliku rõhumine põhjale ei olene anuma kujust, vaid ainult põhipinna ja ta süga-

vuse suuruselt ning vedeliku erikaalust. Rõhumine põhjale võrdub alati selle vedeliku püstsamba raskusega, mille aluseks on anuma põhi ja kõrguseks põhja keskmine sügavus.

Lühidalt võime seda üles kirjutada nõnda:

$$F = eSH,$$

kus  $F$  on rõhumise suurus kogu põhipinnale grammides,  $e$  vedeliku erikaal ( $\frac{g}{cm^3}$ ),  $S$  — anuma põhipinna suurus ( $cm^2$ ) ja  $H$  — põhipinna sügavus ( $cm$ ).

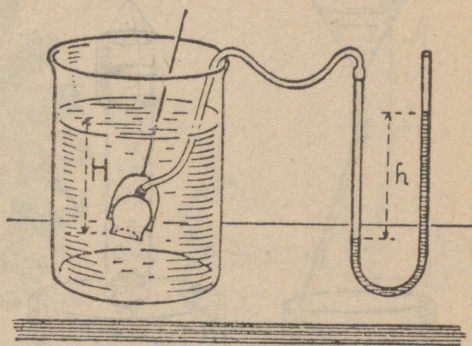
1. Pudel, mille põhja läbimõõt 5 cm, on täidetud 18 cm kõrguseni elavhõbedaga. Leia elavhõbeda rõhumine põhipinnale! Kui suur oleks piirituse rõhumine samadel tingimustel?

2. Mensuur on täidetud 20 cm kõrguseni väävelhappega. Leia rõhk põhjale!

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

44. Rõhumine vedeliku sees. Vaatame nüüd, millest oleb rõhumine vedeliku sees. Selleks teeme järgmised katsed.

Kummitoru abil vesimanomeetriga (vt. § 63) ühendatud leetri ots on õhukese kummikelmega kaetud (58. joon.). Hargi abil letrit veenumas hoides näeme, et vesi kummikelmelisse vajutab; letris ning manomeetri ühendustorus olev õhk tiheneb ja lükkab tasakaalustamiseks manomeetri lahtises harus vee kõrgemale.



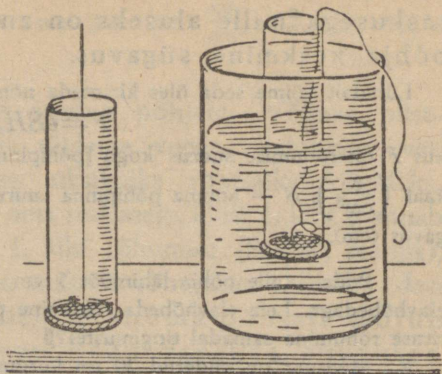
58. joon. Rõhumine vedeliku sees.

Selle riista abil võime näidata, et rõhumine antud pinnale vedeliku sees:

a) oleneb pinna sügavusest ja on sellega võrdeline; siit järeldub, et samas rõhtsas tasapinnas on rõhumine ühesugune;

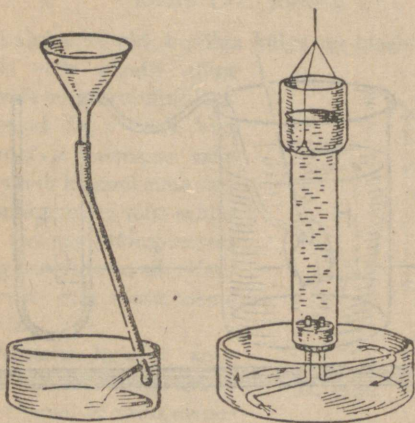
b) ei olene 1) sellest, mis sihis antud pind on asetatud, kui aga keskmine sügavus ei muutu, ega 2) anuma kujust.

Rõhumise suuruse üle vedeliku sees aitab otsustada järgmine katse (59. joon.).



59. joon. Rõhumine vedeliku sees.

Pigistame niidi abil kerge plaadi vastu sileda otsaga klaasilindrit ja asetame silindri ühes plaadiga vette. Niiti lahti lastes ei lange plaat mitte alla, sest teda hoiab ülal vee rõhumine alt üles. Vett silindrisse valades langeb plaat alles siis alla, kui vee tase silindris ja anumal on üheskõrgune.



60. joon.

61. joon. Segneri ratas.

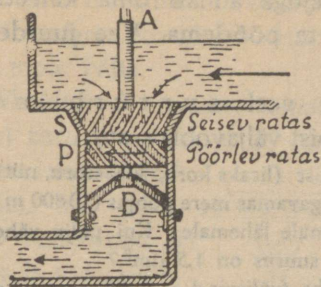
Sama nähtus kordub ka teiste vedelikkudega. Täheandab, rõhumine vedeliku sees (F) antud pindalale (S) võrdub selle vedeliku püstsamba raskusega, mille aluseks on antud pindala (S) ja kõrguseks (H) aluse keskmine sügavus, s. o.

$$F = eSH.$$

45. Vedeliku rõhumine anuma küljele. Et vedelik Pascal'i seaduse põhjal annab edasi rõhumist igas suunas ja

ühtheviisi, siis väljendab eelmine valem ka rõhumist anumaküljele.

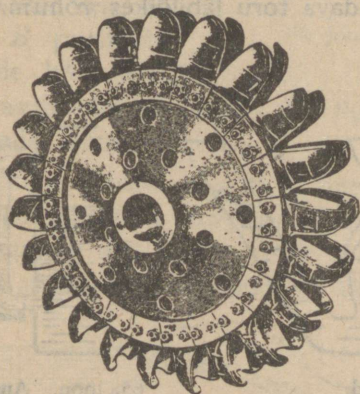
Vedeliku rõhumist anumaküljele näitavad ka 60. ja 61. joonisel kujutatud katsed. Mõlemas hakkab anum liikuma vee väljavoolamise suunale vastupidises suunas. Viimane neist riistadest kannab Segneri ratta nime.



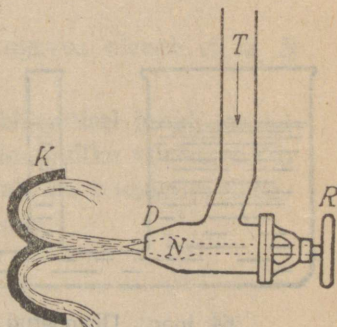
62. joon. Vesiturbiin.

Segneri ratta põhimõttel on ehitatud tööstuses tarvitatavad vesiturbiinid (62. joon.). Ulespaisutatud vesi juhitakse turbiini, kus ta üksikuiks tugevaiks jugadeks jaguneb ja alt välja voolates turbiini pöörlema paneb. Turbiin võimaldab lan-

geva vee jõudu [põhjalikumalt kasutada kui vesirattad. Seejärest tarvitataksegi kõigis suuremais ja paremais tööstusis



63. joon. Peltoni vesiturbiin.



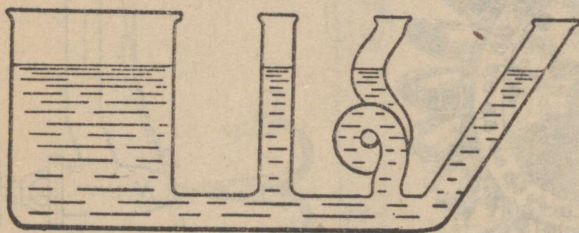
vesirataste asemel turbiine. Eestis töötavad eriti tugevajõulised turbiinid (1200 HJ) Narva kosele ehitatud vabrikuis. Vee langemine on siin keskmiselt 8,5 m.

Väikese veehulga ja suure rõhumise puhul (100 m ja enam) kasutatakse vesiturbiine 63. joon. näidatud kujul. Tugev silindriline veejuga juhitakse vastu rõhttelje ümber pöörleva turbiiniratta lusikataolisi kühvleid. Veejuga annab oma kineetilise energia turbiinirattale ja paneb ta pöörlema. Vee juurdevoolu reguleeritakse nõela N abil.

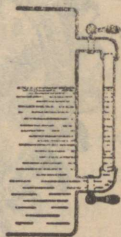
Peale vesiturbiinide tarvitatakse veel aurturbiine. Siin paneb turbiini pöörlema turbiinist väljavoolav aur.

1. Ehita endale Segneri ratas lambiklaasist (lisaks kork, klaastoru, niit)!
2. Leia vee rõhk atmosfäärides kõige sügavamas mere põhjas (10800 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?

46. Ühendatud anumad. Katse näitab, et ühendatud anumais, mis täidetud sama vedelikuga, on vedeliku vaba pind (nivoo) alati rõhtus (64. joon.), sest muidu poleks ka anumaid ühendava toru läbilõikes rõhumine mõlemalt poolt ühesuurune.



64. joon. Ühendatud anumad.



65. joon. Auru-  
katla veeklaas.

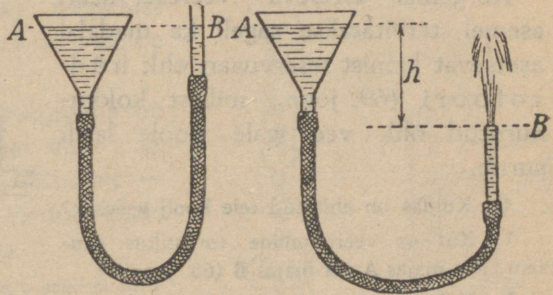
Seleta ühendatud anumate omaduse põhjal järgmiste riistade ja seadiste tarvitamist: aurukatla veeklaas (65. joon.), loodimisriist ehk nivelliir, purskkaev ja kohvikann.

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

Ühendame klaaslehtri kummitoruga ja täidame veega, nagu 66. joon. näha.

Ühendatud anumate omaduse põhjal on vee tase mõlemal pool toru otsas (*A* ja *B*) ühekõrgusel. Kui laseme toru otsa *B* madalamale (67.

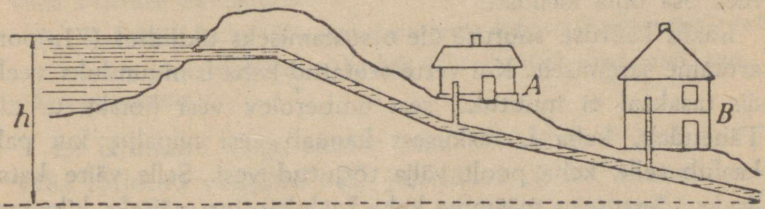
joon.), siis purskub vesi otsast *B* välja ja seda tugevamini, mida madalamale asetada toru *B* ots, võrreldes veetasemega lehtris *A*. Seejuures püüab vesi otsast *B* purskuda samale kõrgusele, kui asub veetase lehtris *A*. Purske tugevus on *A* ja *B* nivoode vahest *h*.



66. joon.

67. joon.

Eelmine nähtus on aluseks veevärgi ehitamisel juhul, kui on võimalik kasutada kõrgemal asetseva loomuliku või kunstliku veetagavara ehk basseini vett ja seda juhtida basseinist madalamal asetsevatesse kohtadesse (majadesse).

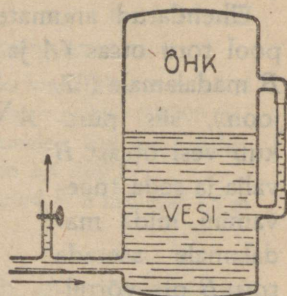


68. joon. Vee juhtimise skeem.

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

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

Kõrgemal asetseva veereservuaari asemel tarvitatakse sageli ka madalal asetsevat kinnist reservuaari ehk hüdrofoori (69. joon.), millest kokkukuratud õhk vee igale poole laiali surub.



69. joon. Füdrofoor.

1. Kuidas on ehitatud teie kooli veevärk?
2. Kus on veerõhumine torustikus suurem: kas majas A või majas B (68. joon.)?
3. Kui nivooade vahe  $h = 20$  m, kui kõrge (teoreetiliselt) purskkaevu saaksime siis teha? Mispärast tegelikult vesi purskub märksa madalamale?
4. Vee rõhumine veevärgi kraani otsas on  $\approx 1,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ . Leia vee nivoo kõrgus reservuaaris kraani suhtes!

**48. Archimedese seadus.** Seome kivi niidi otsa ja riputame kaalu külge (70. joon.). Paneme tähele, kui palju kaal näitab. Nüüd laseme kivi vette; tasakaal kaob ning kaal näitab vähem; tähendab, kivi kaalub vees vähem kui õhus, ta kaotab vees osa oma kaalust.

Kaalu kaotuse suuruse üle otsustamiseks üldjuhul (71. joon.) arutame järgmiselt. Kui vette asetatud keha  $L$  muunduks veeks, siis tasakaal ei muutuks, sest ümberolev vesi hoiaks ta ülal. Tähendab, keha  $L$  raskusest kannab vesi niipalju, kui palju kaalub selle keha poolt välja tõrjutud vesi. Selle väite katseliseks tõestuseks määrame keha kaalukaotuse näiteks kilogrammides ja väljatõrjutud vee ruumala kuupdetsimeetrites ning

võrdleme saadud arve. Väiksemate kehade puhul tuleb kaalu-kaotus ja ruumala määrata vastavalt grammides ja kuupsentimeetrites.

Eeltoodud  $\text{Arutlus}$  on õige iga keha ja iga vedeliku kohta; tähendab:

1. Iga vedelikku asetatud keha kaotab oma kaalust niipalju, kui palju kaalub selle keha poolt välja tõrjutud vedelik.

Selle seaduse avastas kreeklane Archimedes; seepärast kannab ta ka Archimede seaduse nime.

Kaalu kaotuse põhjuseks on vedeliku rõhumise vahe alt üles ja ülalt alla, lühidalt — üleslükke, mis võrdub kaalu kaotuse suurusega.

2. Sõnasta Archimedese seadus üleslükke abil!

1. Vees on tasakaalustatud raud- ja seatinapomm. Kuidas muutub tasakaal, kui võtta kaalud veest välja; asetada glütseriini või petrooleumi?

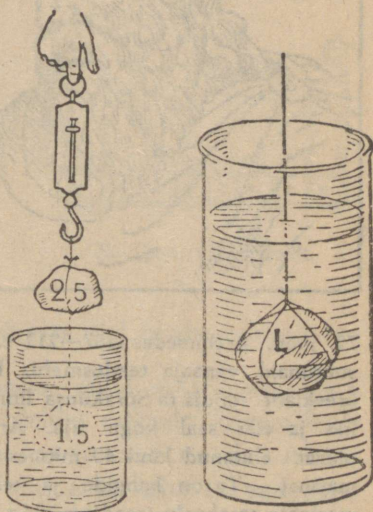
2. Kui palju kaotad sina oma kaalust vees? Mitu liitrit on sinu keha ruumala?

3. Kui palju kaaluks 10-grammine kullatükk elavhõbedas?

4. Valaskala kaalub 30 tonni. Leia tema keha ligikaudne ruumala?

5. Seest õõnes raudpomm kaalub 3 kg ja püsib vees tasakaalus. Leia õõnsuse ruumala!

49. Ujumine. Olgu antud keha kaal õhus  $P$  ja keha poolt välja tõrjutud vedeliku kaal (üleslükke)  $Q$ , siis on Archimedese seaduse põhjal keha kaal vedelikus  $P - Q$ . Vaatleme, missugused juhud võivad esineda, kui keha lasta vabalt vedelikku:



70. joon. Kivi kaalub vees vähem kui õhus.

71. joon. Kaalu kaotus võrdub üleslükkega.



72. joon. Archimedes (287—212 e. m. a. a.), suurimaid vanaaja teadusmehi. Rahvuselt kreeklane sündis ta Sürakuusa linnas Sitsiilias ja elas seal kogu aja. Archimedes olevat ehitanud kuni 40 mitmesugust uut masinat. Ta on kangide ja teiste lihtmasinate tasakaalu seaduse ning vedeliku üleslükke seaduse avastaja; ka määras ta esimesena  $\pi$  suuruse ja arvutas ringi pindala. Kui roomlased piirasid Sürakuusat, aitas Archimedes mitmesuguste uute masinate abil edukalt kaitseda oma kodulinna. Kolmeaastase piiramise järel langes Sürakuusa siiski roomlaste kätte ja Archimedes sai surma rooma sõduri käe läbi. Räägitakse, et parajasti enne surma Archimedes olevat uurinud mingisugust joonist liival. Rooma sõdurile, kes tuli teda tapma, olevat Archimedes hüüdnud: „Ära astu mu ringidele!“

a)  $P > Q$ , s. o. keha kaal õhus on suurem kui üleslükke. Siis  $P$  ja  $Q$  resultant ( $P - Q$ ) on suunatud allapoole ja keha vajub põhja — upub.

b)  $P = Q$ , keha kaal õhus võrdub üleslükkega, nende resultant ( $P - Q$ ) on 0 ning keha on vedelikus igas kohas tasakaalus.

c)  $P < Q$ , s. o. üleslükke on suurem keha kaalust õhus. Sel juhul on  $P$  ja  $Q$  resultant ( $Q - P$ ) suunatud alt ülespoole ning keha ujub pinnal. Ka siin võrdub keha kaal väljatõrjutud vedeliku kaaluga.

Värske kanamuna abil on kerge vees (liisandada soola!) näidata kõiki kolme tasakaalujuhtu. Tee seda!

Eeltoodust selgub, mis pärast määratu rasked raudlaevad kõigi masinate ja koormaga püsivad vee-

pinnal. Oma suure kerega suruvad laevad välja hulga vett. Väljasurutud vee kaal võrdub üleslükkega, mis hoiab laeva veepinnal.

Laeva suurus 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.

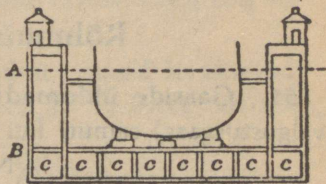
1. Nimeta kehi, mis vees kas ujuvad, on tasakaalus või vajuvad põhja!
2. Missugused kehad ujuvad elavhõbeda pinnal ja missugused vajuvad temas põhja?
3. Kui suur osa sinu keha ruumalast vajuks elavhõbedasse temas ujudes?
4. Kus seisab laeva kere sügavamal vee sees: kas jões või meres?

5. 73. joon. kujutab ujuva dokki läbilõiget. Kui kambriid *c* vett täis lasta, vajub dokk vette joone *A* sügavuseni. Siis tuutakse laev dokki, asetatakse paika ja pumbatakse kambreist *c* vett niipalju välja, et dokk ühes laevaga kerkiks niivooni *B*. Nüüd on töölistel võimalik igale poole laeva kerele juurde pääseda.

Oletame, et iga kambri kõrgus ja laius

on 3 m. Kui pikk peaks olema siis dokk, mis ülal hoiaks ookeanilaeva, mille raskus on 50 000 tonni?

6. Kui suur osa meres ujuvast jäämäest ulatub välja merepinnast?



73. joon. Ujuv dokk.

**50. Areomeetrid.** Vedeliku erikaalu kiireks leidmiseks tarvitatakse nn. areomeetreid. Archimedesese 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. 74. joonisel kujutatud areomeeter polegi muud kui sellekohaselt valmistatud ja vastava skaalaga varustatud keha, mille suurem või väiksem sissevajumine vedelikus näitab meile erikaalu.



74. joon.  
Areomeeter.

Skaala valmistatakse järgmiselt. Areomeeter ase-

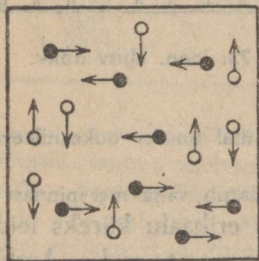
tatakse esiti ühte, siis teise vedelikku, millede eri-

kaalud on teada, ning märgitakse skaalale, kui sügavalt see vajub vedelikku. Sel teel saadud kriipsude vahe skaalal jagatakse võrdseteks osadeks vastavalt antud vedelikkude erikaalude vahele.

1. Mispärast seisab areomeeter vedelikus püsti ega vaju küljeli?
2. Kui areomeetri toru on ühtlane, kas vastavad siis võrdseile erikaalu muutusile võrdsed kriipsuvaheed skaalal?
3. Kuidas on võimalik valmistada areomeetrit katseklaasist?

## Rõhumisnähtusi gaasides.

51. **Gaaside üldomadusi.** Gaasidel (õhk, süsihappe- ning valgustusgaas) samuti kui vedelikelgi puudub kindel kuju.



75. joon. Gaasi molekulid on alalises liikumises.

Nad koosnevad väikestest osakestest, molekulidest, millede vahel ei ole märkata sidet. Gaasi molekulid on alalises liikumises, mis järeldub gaaside segunemisenähtustest (samasse kinisesse anumasse kaks erisugust gaasi juhtides saame nende ühtlase segu; lõhnade levimine, karm, valgustusgaas jne.).

Gaasi molekulide liikumise kiirus on võrdlemisi suur: nii näiteks  $0^{\circ}\text{C}$  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  $900 \frac{\text{m}}{\text{sek}}$ .

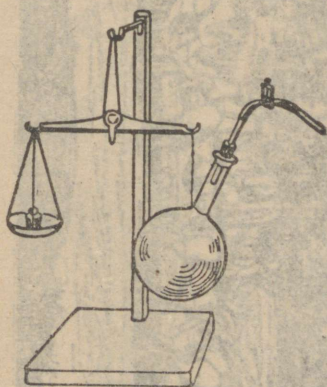
Lihtsad katsed näitavad (nimeta mõned!), et gaasid on kergesti kokkusurutava d, s. o. molekulide-vaheline ruum on võrreldes molekulide endi ruumalaga nähtavasti väga suur. Tähendab, gaasidel puudub kindel ruumala. Nõnda siis võime kujutella gaasi koosnevana suurest hulgast molekulidest, mis liiguvad ruumis vabalt suure kiirusega. Sellest siis ka gaa-

side omadus lõpmata paisuda ja täita ühtlaselt ruumi kinnises anumus. Gaasiosakeste liikuvusest järeldub ka gaasi rõhumine anuma seinale.

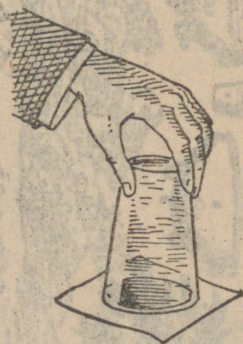
Samuti kui vedelik võib gaas tasakaalustada ainult ta pinnaga risti, mitte aga puuteliselt rakendatud tunge; ka rõhumist annavad gaasid edasi igas suunas ja ühteviisi (Pascali seadus), mida on kerge näidata 54. joonisel kujutatud riistaga, tarvitades vee asemel suitsu.

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

52. Õhu kaal. Aineosakesed, milledest gaasid koosnevad, tungivad samuti maa poole kui tahkete ja vedelate kehade



76. joon. Õhu kaalumine.

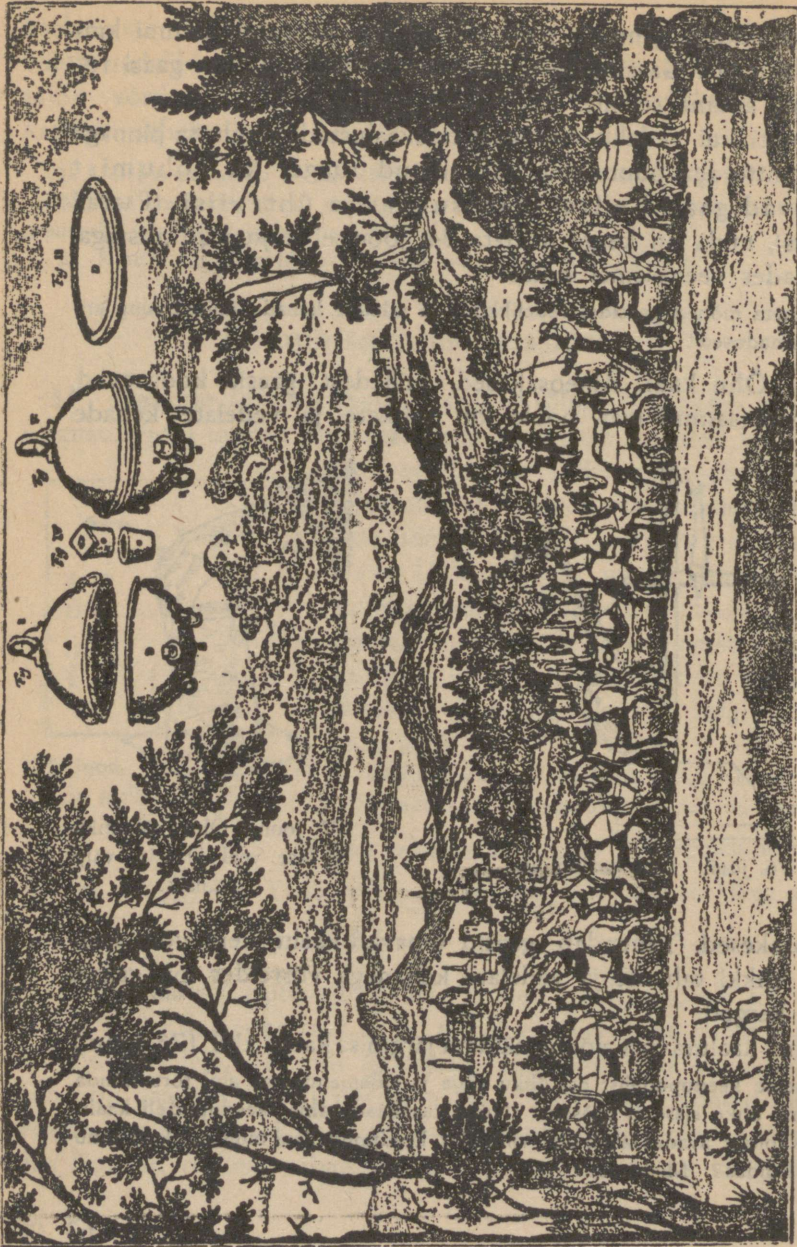


77. joon. Õhu rõhumine ei lase veel klaasist välja voolata.

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 (76. joon.).

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



78. joon. See pilt on võetud Otto von Guericke raamatust „Uued Magdeburgi katsed tühja ruumi kohta“ ja kujutab õhurõhumise pidulikkude demonstreerimist Saksaa Riigipäeva liikmeile Regensburgis 1654. a.

Täpsed mõõtmised näitavad, et 1 liiter õhku kaalub normaaltingimustes (temp. 0°, rõhum. 76 cm) 1,293 grammi (~1,3 g).

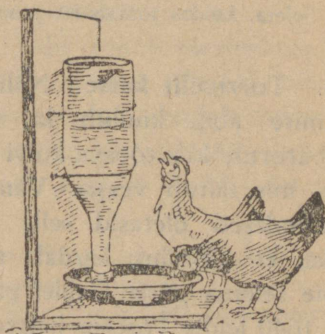
1. Mitu kg kaalub sinu klassiruumi täis õhku normaaltingimustes?
2. Mitu korda õhk on normaaltingimustes veest kergem?
3. Kui palju kaalub õhk sinu keha ruumala suuruses?

53. **Õhu rõhumine.** Maad paksu kihina (200—300 km) ümbritsevat õhku nimetame Maa õhkkonnaks ehk atmosfääriks. Meie elame atmosfääri, õhumere, põhjas. Õhkonna ülemised kihid rõhuvad oma raskusega alumisi kihte ja nõnda järjest edasi kuni maapinnani.

Nagu nägime, on Pascali seadus kehtiv ka gaaside kohta ning gaasidel on raskus; seepärast kõik korrapärasused, mis



79. joon. Magdeburgi poolkerad



80. joon. Kanade jooginõu.

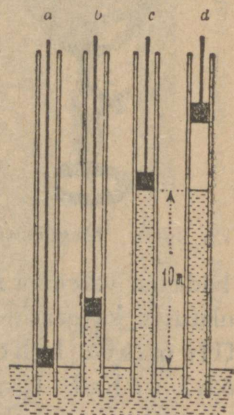
leidsime varemini rõhumise kohta vedeliku sees, kehtivad täies ulatuses ka gaaside kohta. Neist võime järeldada õhu kohta: Ülemiste kihtide raskuse mõjul kokkusurutud õhk rõhub iga keha, millega ta kokku puutub, ja mitte ainult ülalt alla, vaid igas suunas. Samuti kui vedelikuski, oleneb õhu rõhumise suurus kõrgemal oleva õhusamba raskusest.

## Õhu rõhumist tõestavad järgmised katsed:

1. Täidame klaasi ääreni veega, katame papitükiga ja pöörame ümber (77. joon.). Vesi ei voola välja, ka siis mitte, kui tugevasti raputada ja klaas küljeli pöörata.
2. Magdeburgi poolkerasid (vt. 79. joon.), mis tihedalt kokku pandud ning õhust võimalikult tühjaks pumbatud, võib lahti tõmmata ainult tugeva tõmbega.
3. Plekktoos, millest õhku välja pumbatakse, langeb raginaga kokku; õhukeste seintega kummitoru aga, kui temast õhku välja pumbatakse, surutakse õhu rõhumise mõjul kokku paelaks.
4. Täida pudel veega, pööra ümber ja aseta otsapidi vette! Vesi ei voola pudelist välja. Mispärast? Mis juhtub siis, kui puurida pudeli põhja auk?
5. Õlekõrre abil võib vett, limonaadi jne. imeda. Seleta, kuidas see toimub!
6. Mispärast peavad linnud (koerad) teistviisi jooma kui inimene (hobune)?
7. Seleta, kuidas töötab 80. joon. kujutatud kanade jooginõu!

54. **Torricelli katse.** Nähtuste hulka, mis seletuvad 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“, milline seletus püsis Galilei päevini.

A. 1640 leidis Toscana hertsog, kes Firenze lähedal ehitas endale sügavat kaevu, et vesi ei tõuse pumbatorus kõrgemale kui umbes 10 m veepinnast (81. joon). Imelikule nähtusele seletuse saamiseks pöörduti elatanud Galilei poole, kes arvas, et vee tõusmise põhjuseks pumbatorus on õhurõhumine. Galilei suri (1642. a.) enne, kui ta suutis oma arvamusi katseliselt tõestada. Selle töö viis lõpule Galilei õpilane Torricelli.



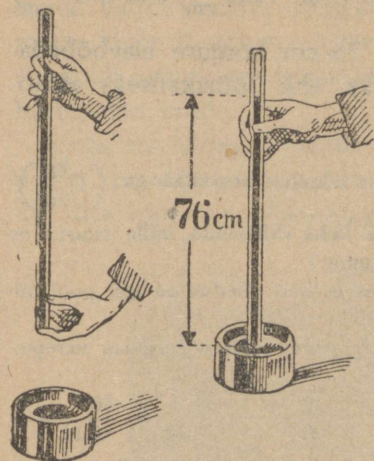
81. joon. Vee tõus pumbatorus.

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

13,6 korda suurem. Selle tõestuseks tegi Torricelli 1643. a. katse, mis praegugi kannab tema nime (82. joon).

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 anumast.

Õhk rõhub elavhõbeda pinnale anumast. Pascali seaduse järgi andub pinnasse mõjuv rõhumine elavhõbedas edasi igas



82. joon. Torricelli katse.

suunas ühteviisi, tähendab, ka toru sisse, ja hoiab ülal elavhõbeda-samba.

Õhurõhumise muutumisega muutub ka elavhõbeda-samba kõrgus Torricelli katses. Maapinnast kõrgemale tõustes väheneb loomulikult õhurõhumine, järelikult ka elavhõbeda-samba kõrgus. Selle tähelep aneku 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 oleneb elavhõbeda-samba kõrgus Torricelli katses toru kujust ja sihist?

55. **Õhurõhumise suurus.** Torricelli katse annab lihtsa abinõu õhurõhumise suuruse määramiseks, nimelt: õhurõhumine võrdub tema poolt tasakaalustatud elavhõbeda-samba rõhumisega. Olgu näiteks elavhõbeda-samba kõrgus Torricelli katses 76 cm, siis võrdub elavhõbeda rõhumine iga  $\text{cm}^2$  peale

elavhõbedast püstsamba raskusega, mille alus on  $1 \text{ cm}^2$  ja kõrgus  $76 \text{ cm}$ . Niisuguse elavhõbedast püstsamba ruumala on  $76 \text{ cm}^3$  ja kaal  $13,6 \cdot 76$ , s. o.  $1033 \text{ g}$ , järelikult on siis elavhõbeda ja teda tasakaalustava õhu rõhk  $1033 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$  ehk  $1,033 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ .

Õhu rõhku, mis tasakaalustab  $76 \text{ cm}$  kõrguse elavhõbedasamba, nimet. **normaalrõhumiseks** ehk **füüsikaliseks atmosfääriks (Atm)**.

1. Võrdle atmosfääri normaalrõhumist tehnilise atmosfääriga ( $1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ )!

2. Kui tugevasti rõhub õhk inimese keha välispinda, mille suurus on  $2 \text{ m}^2$ ? Mispärast me seda rõhumist ei tunne?

3. Arvuta atmosfääri kõrgus, eeldades, et õhu tihedus on igal pool niisama suur kui maapinna läheduses!

4. Õhurõhu suurus ( $p \text{ mm elavh. s. k.}$ ) mitmesuguses kõrguses merepinnast ( $h \text{ km}$ ) on keskmiselt järgmine:

$h \text{ km}$	0	10	20	30	40	50
$p \text{ mm}$	760	217	51	9,3	1,24	0,11

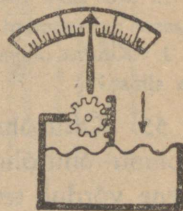
Joonesta nende andmete põhjal graafik, mis näitab õhurõhu suuruse olenevust kõrgusest, võttes  $1 \text{ cm}$  rõhumise kujutamiseks püstteljel  $1 \text{ mm}$ .

Leia saadud graafiku põhjal õhurõhk Maa kõige kõrgema mäe tipus (Mount Everest,  $8840 \text{ m}$ )! Kuidas on lugu hingamisega sellel kõrgusel?

5. Mitme  $m$  võrra merepinnast kõrgemale tõustes väheneb Torricelli katses elavhõbeda-samba kõrgus  $1 \text{ mm}$  võrra, oletades, et õhk on igal pool ühtlase tihedusega?

**56. Baromeetrid.** Baromeetriks nimetatakse riista, mille abil on võimalik mõõta õhurõhumist. Lihtsamaks baromeetriks on Torricelli katse tegemiseks tarvitatud riist (anum elavhõbedaga ja klaasitoru); kõrguse loendamise otstarbel tuleb ta varustada skaalaga (astmikuga), mille null ühte langeb elavhõbeda tasemega anumast. Niisugust baromeetrit nimet. **anumbaromeetriks**.

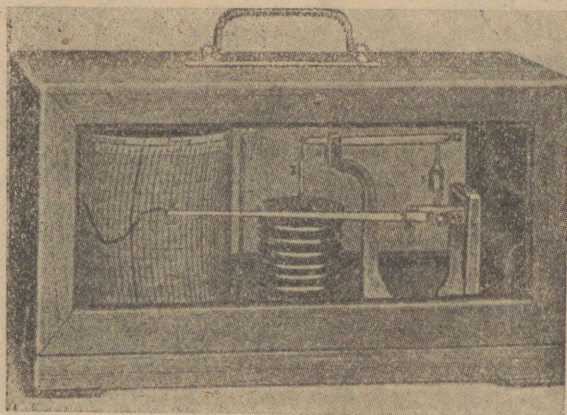
Igapäevases elus on väga laialt tarvitusel nn. **aneroid- ehk metallbaromeetrid** (83. joon.).



83. joon. Aneroidbaromeeter.

Nende oluliseks osaks on õhutühi metallkarbike, 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 tähelepandivaiks osuti liikumisteks astmikul. Aneroidi astmik varustatakse jaotistega, mis vastavad elavhõbe-baromeetri omile.

Riista, mis järjest kirjutab õhurõhumise iga momendi kohta, nimet. barograafiks (84. joon.). See pole muud midagi kui üleskirjutamis-vahenditega varustatud metallbaromeeter.



84. joon. Barograaf.

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

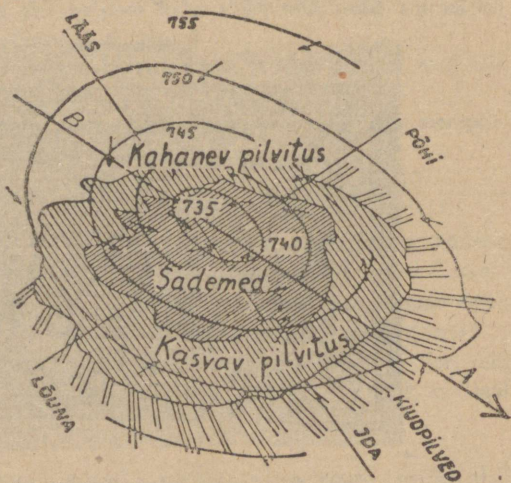
1. Nimeta aneroid-baromeetri head ja halvad küljed!
2. Mitu korda on petrooleumbaromeeter tundlikum elavhõbe-baromeetrist?
3. Mitme mm võrra muutub petrooleumbaromeetri kõrgus baromeetrit 1 m kõrgemale või madalamale asetades?

4. Milline elavhõbeda-samba kõrgus baromeetris vastab rõhule 1 tehniline atmosfäär?

57. Baromeetri kasutamine. Varemini (§ 55) nägime, et maapinnast kõrgemale tõustes õhurõhumine väheneb. Nende kahe suuruse — õhurõhumine ja kõrgus merepinnast — vahel on kindel side, ehkki me ei saa teda 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 õhurõhumise 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 tõustes baromeeter langeb 1 mm võrra.

Palju laialdasem on baromeetri kasutamine ilmade ennustamisel. Vaatlusel näitavad, et kuiva ilmaga on õhurõhumine harilikult

kõrge, vihmase ilmaga — madal. Siin on põhjuseks nn. tsüklonid (madalrõhu-ala) ja antitsüklonid (kõrgrõhu-ala), mis liiguvad kaunis püsivate õhkkonna-moodustistena mööda maad edasi ja toovad teatava ilma endaga kaasa. Õhurõhumise muutumise põhjal, ühtlasi arvesse võttes kõiki teisi andmeid, nagu pilvitust, tuule suunda ja kiirust, temperatuuri muutumist jne., on võimalik otsustada tsüklonite ja



85. joon. Madalrõhkkonna ehitus.

antitsüklonite liikumise üle ning siit ennustada tulevat ilma harilikult 1—2 päeva ette.

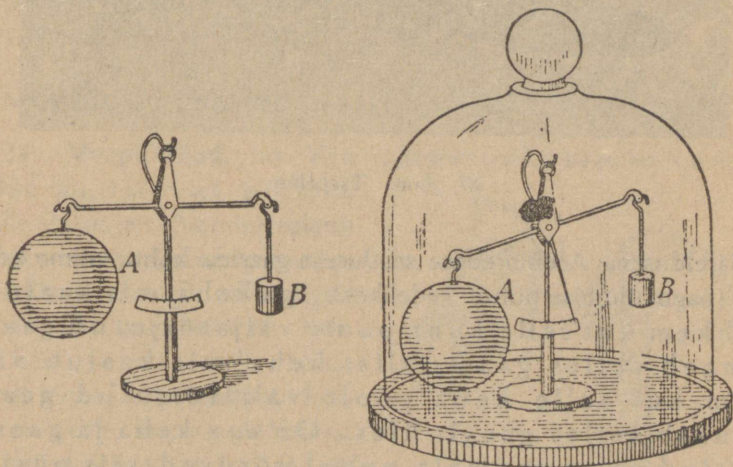
Vaatle lähemalt 85. joon. kujutatud madalrõhkkonna (tsükloni) ehitust. Nool BA näitab tsükloni edasiliikumise, väikesed nooled tuule suunda. Tsükloni idapoolses osas puhuvad võrdlemisi soojad, läänepoolses osas jahedad tuuled. Mispärast?

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)?

3. Mispärast õhurõhumine õõnsaid asju (pudeleid, klaase jne.) ära ei purusta? Kuidas suudab inimene ületada tema kehale mõjuvat õhurõhust?

58. Archimedese seadus gaaside kohta. Archimedese seadus vedelikkude kohta järeldeb Pascali seadusest ja vedelik-

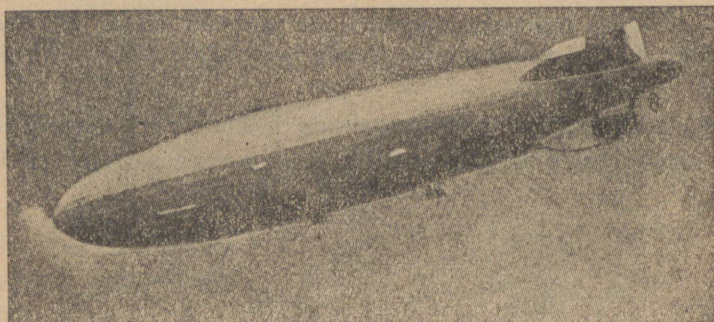


86. joon. Baroskoop.

kude raskusest. Et samad tingimused on täidetud ka gaaside suhtes, siis peab Archimedese seadus olema kehtiv ka gaaside

kohta, s. o. iga gaasi asetatud keha kaotab oma kaalust niipalju, kui palju kaalub selle keha poolt väljatõrjutud gaas.

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



87. joon. Tsepeliin.

Järeldusena Archimedese seadusest gaaside kohta võime öelda (nagu ujumise puhul vedelikes): iga keha, mis kaalub rohkem kui selle keha poolt väljatõrjutud gaas, langeb selles gaasis alla; keha, mis kaalub vähem kui selle keha poolt väljatõrjutud gaas, tõuseb selles gaasis üles. On aga keha ja gaasi kaalud sama ruumala puhul võrdsed, siis püsib keha selles gaasis tasakaalus. Sel gaaside omadusel põhineb õhupallide (aerostaat) ja õhulaevade (tsepeliin) ehitus. Kergest tugevast materjalist (alumiinium, siid jne.) tehtud suured õõnsad 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'd (1783. a.) tarvitasid selleks kuuma õhku.

1. Mispärast [seebimullid õhus vahel tõusevad üles, vahel aga langevad alla?

2. Kõige harilikumaks õhupallide täiteaineks 'on oma kättesaadavuse tõttu valgustusgaas. Mitu  $\text{m}^3$  valgustusgaasi kulub vähemalt õhupalli täiteks, mis üles tõstaks 3 inimest (à 75 kg), kui õhupall ise kaalub 100 kg?

3. Kui palju kaaluks sinu keha õhus vähem kui tühjas ruumis?

4. Kas on rahva naljal „kumb raskem: kas nael tina või „nael villu“ mingit füüsikalist alust?

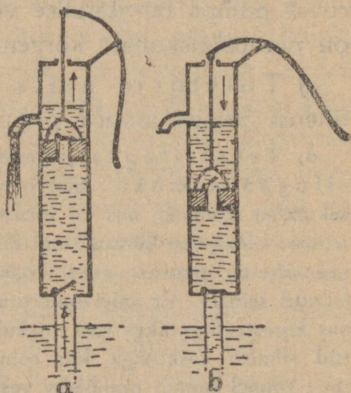
5. Seleta, milles seisneb sisse- ja väljahingamine ning joomine?

6. Mount Everesti tipul on õhurõhumine ainult umbes 25 cm! Mitu korda minutis tuleks seal sisse ja välja hingata, et niisama palju hapnikku kopsudesse juhtida kui maapinnal?

7. Prof. Piccard stratosfääri uurimisel 1931. a. kasutas õhupalli, mille gaasiballooni mahtuvus oli  $14\,000 \text{ m}^3$ . Kui suur oli sel puhul õhu üleslüke maapinna lähedal ( $p = 760 \text{ mm}$ ;  $t^0 = 0^0$ )?

## Mõningaid gaaside omadustel põhinevaid riistu.

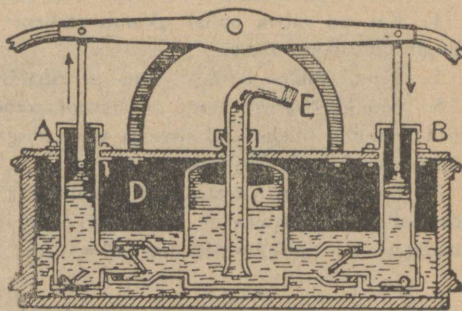
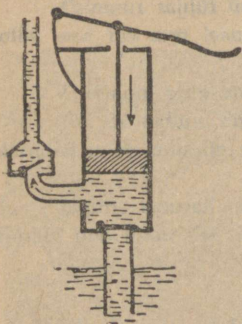
59. Veepumbad. a) Vee väljavõtmiseks kaevust tarvita-  
takse nn. imevat pumpa. Selle ehitus ja töötamine selgub  
88. joonisest. Ummarguses toru liigub tihedalt edasi-tagasi kolb ehk pumbakann. Kolvi sees on auk, mille katab pealt kinni klapp. Allpool kolbi on teine klapp. Mõlemad klapid käivad lahti ainult ühele poole, nimelt vee liikumise suunas. Kolbi üles tõstes läheb pealmine klapp kinni, õhk kolvi



88. joon. Imev pump.

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 tagasi-voolav vesi alumise klapi kinni, ülemine aga avaneb ning vesi surutakse kolvi peale. Sedaviisi kolbi üles ja alla liigutades tõstame õhurõhumise 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 klapita. Su-



89. joon. Suruv pump.

90. joon. Tuletõrje-prits.

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

c) Tuletõrje-prits (90. joon.) on kahe suruva pumba ühend. Selgita joonise põhjal ta ehitust ja töötamist!

d) Tsentrifugaalpump. Tehnikas on laialt tarvitusel nn. tsentrifugaalpumbad. Siin pöörleb metallsilindris kiiresti (kuni 50 tiiru sekundis) trummel, mis on varustatud külvlitega (91. joon.). Need panevad trumlis oleva vee kiiresti ringi liikuma. Inerti tõttu püüavad ringiliikuvad veosakesed puutuja sihis edasi liikuda ja tekitavad seetõttu rõhumi silindri seinale. Et väljavoolutoru B on ühendatud silindriga puuteliselt, siis kiiresti ringi liikuv vesi paiskub seetõttu torru B. Toru A on ühendatud silindri keskosaga, kus rõhuline on väiksem kui äärtel. Õhurõhumise toimele tungib pumbatav vesi toru A kaudu silindrisse.

Tsentrifugaalpumpadel on rohkesti paremusi võrreldes harilikude kolb-

pumpadega. Pöördliikumine võimaldab pidevat töötamist, kuna kolbpumpade töötamine on tõukeline. Pidev töötamine aga annab tsentrifugaalpumbale suure võimsuse (kuni 5000 l sekundis). Tsentrifugaalpumbal puuduvad klapid või ventii- lid. See asjaolu võimaldab kasutada tsentri- fugaalpumpa ka sõgase vee (sisaldab prügi, muda, liiva, väikesi kivikesi) pumpamisel, kus muidu kolbpumbad ära ummistuksid. Tsentri- fugaalpumpadega võib suruda vett kuni 80 m kõrgusele.

1. Kui kõrgele veepinnast võiks panna teo- reetiliselt veepumba ülemise klapi?

Vasta sama küsimus elavhõbeda ja petroo- leumi kohta!

2. Harilikult panevad pumbameistrid vee- pumba ülemise kolvi 7—8 m kaugusele veepin- nast. Millega on see põhjendatud?

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

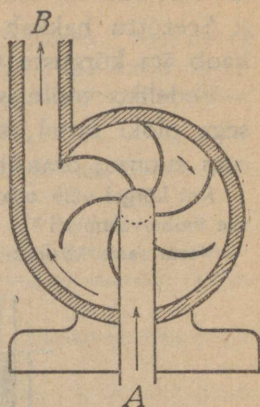
4. Millest tuleb, et üks pump on teisest palju „raskem“?

5. Seleta, mis tähtsus on pumbarauul ja kuidas mõõta pumpamisel teh- tud töö hulka. Mitu korda võidame tungi suuruselt ja kaotame tee pikku- selt 88. ja 89. joon. kujutatud pumbaga töötamisel?

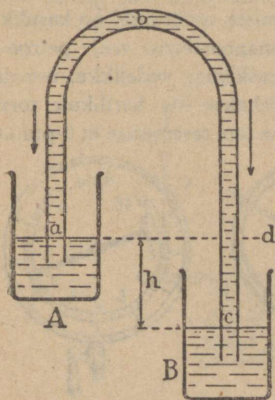
## 60. Sifoon. Sifooni tarvitatakse vedelikkude ümbervalami-

seks ühest anumast teise (92. joon.), eriti siis, kui ei saa anumad paigaldada nihutada või kui tahetakse vedeli- kust ümber valada ainult teatavat kihti.

Sifooni tegevus seletub järgmiselt. Olgu toru *abc* täidetud veega. Vesi hakkab torus voolama siis, kui te- masse mõjuv rõhumine pole tasakaa- lustatud. Läbilõikes *a* mõjub alt üles anuma A kaudu õhurõhumine miinus veesamba *ab* rõhumine; läbilõikes *c* aga anuma B kaudu õhurõhumine miinus veesamba *bc* rõhumine. Veesamba



91. joon. Tsentrifugaal- pumba skeem.



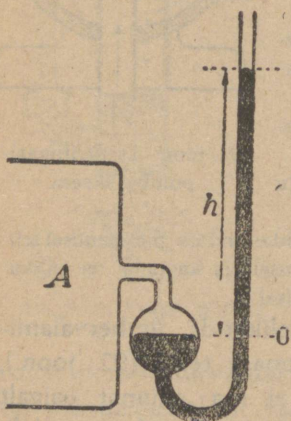
92. joon. Sifoon.

$bc$  rõhumine on veesamba  $ab$  rõhumisest suurem veesamba  $cd$  rõhumise võrra; samal määral on ka läbilõikes  $a$  rõhumine alt üles suurem talle otse vastu suunatud rõhumisest läbilõikes  $c$ . Seetõttu hakkab vesi torus liikuma  $abc$  suunas seni, kuni kaob ära kõrguste vahe ning sellega ühtlasi rõhumiste vahe.

Vedeliku voolu sifooni torus võib võrrelda nõõri liikumise-ga ploki rattal; samuti kui nõõrgi langeb vedelik pikema otsa suunas; õhurõhumise mõjul ei katke vedelik sifooni torus.

Kui kõrgel võib olla sifooni koolukoht (läbilõige  $b$ ) nivoost anumal  $A$  vee ümbervalamisel?

Vasta sama küsimus elavhõbeda ja piirituse suhtes!



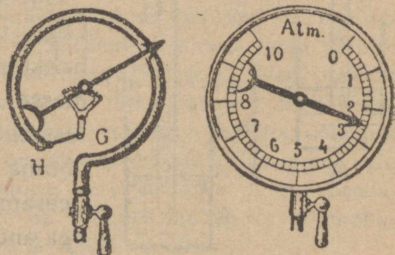
93. joon. Lahtine elavhõbe-manomeeter.

jääks ligikaudu muutumatuks (93. joon.). Elavhõbe-manomeeter on niioelda normaalmanomeeter, millega võrreldakse teisi manomeetreid.

Tööstuses tarvitatakse harilikult metall-manomeetreid (94. joon.). Nende ehitamine põhineb õhukeste seintega kõverakskäänatud metalltorukeste omadusel korrapära-

61. Manomeetrid. Manomeetreid tarvitatakse gaaside ja auru rõhumise suuruse määramiseks. Lihtsaim neist on lahtiste otstega kõver toru veega ehk nn. vesimanomeeter, nagu nägime § 44. Kui tahame tema abil määrata näiteks valgustusgaasi rõhumist linna võrgus, siis ühendame toru ühe haru gaasitoruga ja vaatame, kui palju tõuseb vesi teises (lah-tises) harus kõrgemale. Olgu see nivoode vahe  $h$  cm, siis võrdub valgustusgaasi rõhumine õhurõhumisega pluss  $h$  cm kõrguse veesamba rõhumine.

Suuremate rõhumiste mõõtmisel on kasulik tarvitada lahtises manomeetris vee, petrooleumi jne. asemel raskemat vedelikku, nimelt elavhõbedat. Ka tehakse siis harilikult toru ühe haru asemel jämedam reservuaar, et 0-punkt



94. joon. Metall-manomeeter.

selt oma kuju muuta (deformeeruda), kui muutub rõhumine nende sees. Rõhumise suurenedes läheb toru veidi sirgemaks.

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

Masinate, samuti inimestegi töö toimub Maa õhkkonnas. Seetõttu on masinad alati 1 atmosfäärilise rõhu all. Et tööd saame teha ainult rõhumi-  
s t e v a h e a r v e l, siis näitavad manomeetrid tegelikult nn. ülerõhku, s. o. õhurõhust (ühest atmosfäärist) suuremat rõhku.

1. Leia gaasi rõhumine  $\left(\frac{g}{cm^2}\right)$  linna võrgus, kui 754-mm õhurõhumise puhul vesimanomeetri nivoode vahe oli 4,5 cm!

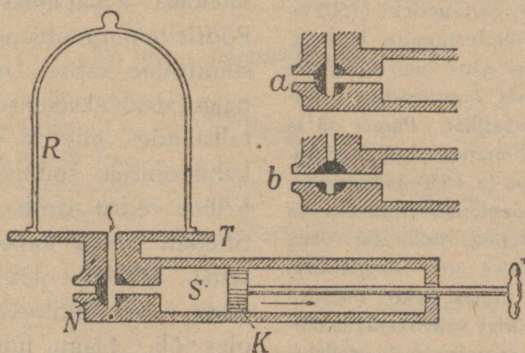
2. Nimeta petrooleum-manomeetri head küljed võrreldes vesimanomeetriga (soovitav tarvitada *radix alcannae* abil punaseks värvitud petrooleumi).

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

4. Kui kõrge elavhõbeda-sammast annab rõhumise 10 tehnilist atmosfääri?

5. Vesi hüdrofooris on 2,5 atm. rõhumise all. Kui kõrgele surub siis hüdrofoor vee?

62. **Õhuhõrenduspump.** Hõrenduspumba abil hõrendame õhku antud ruumis. Ta tegevus selgub 95. joon. kujutatud skeemist. Kuppel *R*, milles õhku hõrendame, lasub lihvitud taldrikul *T* ja on ühendatud kraani *N* kaudu silindriga *S*. Silindris liigub edasi-tagasi umbne kolb *K*. Kraanist *N* on tehtud läbi kaks auku: esimene ühendab kuplit silindriga (seis *a*), teine,



95. joon. Õhuhõrenduspump.

kraani  $90^\circ$  võrra pöörates, silindrit välisõhuga (seis *b*). Pumpamine (hörendamine) toimub järgmiselt: avame kraani (seis *a*) ja tõmbame kolvi välja poole niipalju kui võimalik. Nüüd tungib õhk paisudes kuplist kolvi taga olevasse ruumi, jäädes kuplis hõredamaks. Kääname kraani kinni (seis *b*)



96. joon. Otto von Guericke (1602 — 1686), õhuhõrenduspumba leiutaja. Noorena õppis Otto von Guericke mitmes ülikoolis õigusteadust, füüsikat ja matemaatikat. Pärast oli ta Magdeburgi linnaapea. Leiutas õhuhõrenduspumba (a. 1650) ja korraldas õhurõhumise demonstreerimiseks rea huvitavaid katseid, milledest väga tuntud on katse nn. Magdeburgi poolkeradega. Ehitas elektri hõõrdumismasina (pöörlev väävlikera) ja näitas esimesena, et samanimelised elektrilaengud tõukavad teineteist eemale.

ja lükkame kolvi teise otsa tagasi. Seega surume kõik õhu silindrist välja. Pöörame uuesti kraani seisuga *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.

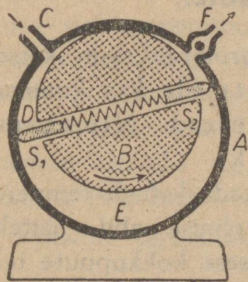
Et otsustada hõreduse määra üle, ühendatakse kuppel sifoon-manomeetriga. Elavhõbeda nivoode vahe näitab õhu hõrendusmäära kuplis.

Praegusajal on tarvitusel mitmel teisel viisil ehitatud õhupumbad, mis annavad palju kiiremini ja suurema hõrenduse. Moodsatest hõrenduspumbadest on tähtsam pöörlev õlipump (97. joon.), mis leiab laialdast kasutamist tehnikas. Pöörleva õlipumba peaosaks on silindriline kapsel, millesse on paigutatud ekstsentriliselt metallsilinder, mis on varustatud kahepoolselt toimiva siibriga. Eriline vedru surub siibri õhutihedalt vastu kapsli sisemist seina. Tihedust siibri ja kapsli seina vahel kindlustab pumbas olev õli. Nagu juurdelisatud joonisest näha, imeb pump

metallsilindri pöörlemisel vasemal pool oleva toru kaudu õhku sisse, teise, paremal pool oleva toru kaudu surub pump õhku välja.

63. Õhu suruv pump. Tahame õhku mõnesse kinnisesse anumasse rohkem koguda, kui see harilikul rõhumise juures toimub iseendast, näit. jalgratta kummide täitmine, priimus, õhupost jne., siis tarvitame selleks õhu suruvat pumpa. Näitena vaatame, kuidas töötab jalgrattapump (98. joon.).

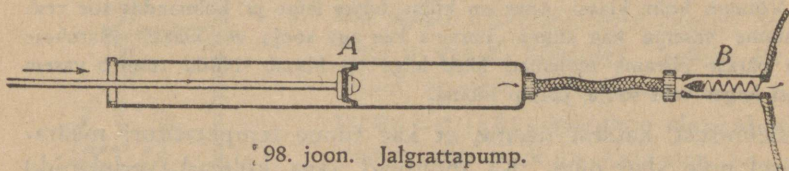
Metalltorus liigub umbne kolb, milleks on kolvi varre otsa kinnitatud nahatükk. Kui kolvi välja tõmbame, siis hõreneb õhk kolvi taga ja välisõhk tungib sinna toru seina ja kolvi naha vahelt. Kolbi sisse lükates tiheneb kolvis olev õhk ja surub kolvi naha vastu metalltoru seina, nii et õhk seal vahelt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



97. joon.  
Pöörlev õlipump.

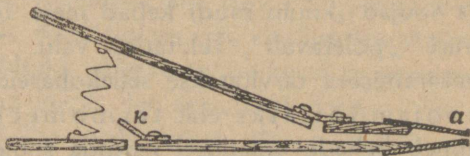
Samal põhimõttel töötab ka suruv pump õhu pumpamiseks priimusesse. Vahe seisneb vaid selles, et siin puudub ventiil ja selle asendab toru otsas olev priimuse reservuaari poole avanev klapp.

Tugevajõulisi suruvaid pumpasid, mida tarvitatakse tehastes suruõhu saamiseks, nimetatakse kompressoriteks. Nende töötamine toimub juba aurumasina või mõne mootori jõul.



98. joon. Jalgrattapump.

64. Lõõts. Lõõts on samuti õhu suruv pump. Teada tarvitatakse tugeva õhuvoolu saamiseks sepapajas, mesilas jne. Lõõts 99. joon. koosneb kahest liikuvast lauast, mis külgedelt ühendatud nahaga. Torust a voolab õhk välja; klapi k kaudu, mis avatud sissepoole, tungib õhk lõõtsa sisse. Lauade laiiali tõmmates avaneb klapp ja lõõts läheb õhku täis; laudade kokkulükkamisel sulgub klapp ja õhk surutakse torust välja.



99. joon. Lõõts.

# Soojus.

## Temperatuuri mõõtmine.

65. Temperatuuri mõõtmine. Umberolevaid asju katsudes tunneme, et nad on oma soojusastmelt kas kuumad, palavad, soojad, leiged, jahedad või külmad. Nimetame 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 raskesti eksida, mis selgub järgmisest lihtsast katses:

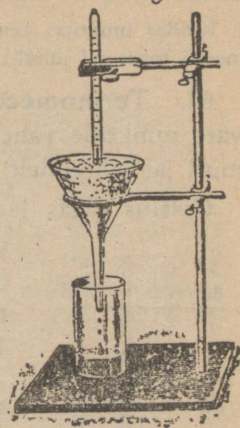
Võtame kolm klaasi: ühes on külm, teises leige ja kolmandas soe vesi. Pistame vasema käe külma, parema käe aga sooja vee klaasi. Natukese aja pärast pistame mõlemad käed leige vee klaasi. Nüüd tunneb vasem käsi leiges vees sooja, parem külma.

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 sellekohaseid riistu, mida nimetatakse soojamõõtjaks ehk termomeetriks. Nende ehitus põhineb kehade omadusel paisuda soojenemise mõjul.

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

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

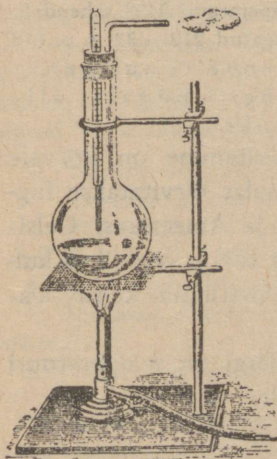
ehk anum. Anum ja osa torust täidetakse puhta kuiva elavhõbedaga. Nüüd kuumutatakse elavhõbedat niipalju, et ta paisudes täidaks toru lõpuni, ja sulatakse siis toru ots kinni. Jahtumisel kokku tõmbudes jääb elavhõbedat asemele torus tühi ruum. Soojendamisel paisub elavhõbe ja ta samm pikeneb; jahtumisel tekib vastupidine nähtus. Tähen­dab, elavhõbedasamba pikkus termomeetri torus on seotud temperatuuriga ja suureneb temperatuuri tõusuga. Temperatuuri kõrguse ja elavhõbedasamba pikkuse olenevuse li­gemaks määramiseks varustatakse termomeeter skaala ehk astmikuga, mis toimub järgmiselt.



100. joon. Termomeetri nullpunkti määramine.

Võtame termomeetri ja asetame ta

sulavasse jäässe (100. joon.). Nii­kaua kui jää sulab, seisab elavhõbe termomeetri torus ühel ja samal kõrgusel. Sellest järeldame, et jää sulamistempera­tuur on jääv. Märgime elavhõbeda­samba otsa asukoha kriipsuga. See on termomeetri üks jääv ehk põhipunkt ja 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 keemispunktiks. Jäävate punktide vahe jagatakse



101. joon. Termomeetri keemispunkti määramine.

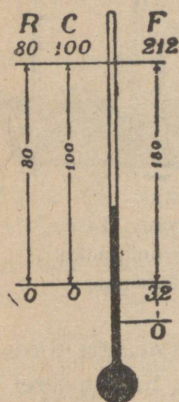
takse vee keemispunktiks. Jäävate punktide vahe jagatakse

võrdseiks 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?

**67. Termomeetri skaalad.** Praegusajal on tarvitusel jäävate punktide vahe jagamisel pügalaiks 3 viisi: Celsiuse, Réaumuri ja Fahrenheiti oma (102. joon.).

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



102. joon. Termomeetri skaalad.

Réaumur (loe: reomüür) jagas sama vahe 80 võrdseks osaks, järelikult on Réaumuri järgi jää sulamispunkti temperatuur  $0^{\circ}$ , vee keemispunkti oma aga  $80^{\circ}$ .

Fahrenheit märkis jää sulamispunkti temperatuuri  $32^{\circ}$  ja vee keemispunkti temperatuuri  $212^{\circ}$ , tähendab: jäävate punktide vahe on jagatud  $212 - 32$ , s. o. 180 võrdseks pügalaiks. Fahrenheiti nullpunkt on seega 32 Fahrenheiti pügalat allpool jää sulamispunkti.

Réaumuri skaala tarvitamine on kõrvale jäämas, Fahrenheiti skaalat tarvitatakse Inglismaal, tema asumail ja Ameerikas, Celsiuse skaalat teaduslikes töis ja enamikus kultuurmais. Ka Eestis on Celsiuse skaala ametlikult kehtiv alates 1. jaan. 1929. a.

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

$$80 R = 100 C = 180 F,$$

tähendab:

$$4 R = 5 C = 9 F.$$

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

$$\begin{aligned} \text{Näiteks: } 20^{\circ} \text{ R} &= \left(\frac{20 \cdot 5}{4}\right)^{\circ} \text{ C} = 25^{\circ} \text{ C}; & 15^{\circ} \text{ C} &= \left(\frac{15 \cdot 4}{5}\right)^{\circ} \text{ R} = 12^{\circ} \text{ R}; \\ 16^{\circ} \text{ R} &= \left(\frac{16 \cdot 9}{4} + 32\right)^{\circ} \text{ F} = 68^{\circ} \text{ F}; & -13^{\circ} \text{ F} &= -\left(\frac{(13+32) \cdot 5}{9}\right)^{\circ} \text{ C} = -25^{\circ} \text{ C}; \\ & & 95^{\circ} \text{ F} &= \left(\frac{(95-32) \cdot 4}{9}\right)^{\circ} \text{ R} = 28^{\circ} \text{ R, jne.} \end{aligned}$$

Samasugused pügalad kui jäävate punktide vahel märgitakse ka allpool nullpunkti. Pügalate arv ülalpool nullpunkti tähendatakse positiivsete (+), allpool negatiivsete (–) arvudega.

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 miinuset), sest temperatuuri, mis oleks absoluutsest nullist madalamal, üldse ei leidu.

Elavhõbe külmub  $-39^{\circ} \text{ C}$  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  $+700^{\circ}$  -ni. Madala temperatuuri mõõtmisel tarvitatakse elavhõbeda asemel piiritust, mis nii kergesti ei külmu (kõlblik kuni  $-100^{\circ} \text{ C}$ ). Et piiritus kergemini silma paistaks, lisandatakse talle mõnd sinist või punast värvainet. Veel kõrgemaid või madalamaid temperatuure mõõdetakse nn. gaastermomeetri abil.

1. Väljenda Réaumuri kraadides:  $+30^{\circ} \text{ C}$ ;  $+22,5^{\circ} \text{ C}$   $-20^{\circ} \text{ C}$ ;  $-273^{\circ} \text{ C}$ .
2. Väljenda Celsiuse kraadides:  $+24^{\circ} \text{ R}$ ;  $+30^{\circ} \text{ R}$ ;  $-8^{\circ} \text{ R}$ ;  $-75^{\circ} \text{ R}$ .
3. Väljenda Fahrenheiti kraadides:  $+32^{\circ} \text{ R}$ ;  $-6^{\circ} \text{ R}$ ;  $-20^{\circ} \text{ R}$ ;  $-15^{\circ} \text{ C}$ ;  $+50^{\circ} \text{ C}$ ;  $-8^{\circ} \text{ C}$ ;  $-273^{\circ} \text{ C}$ .
4. Kui kõrge on inimese keha normaaltemperatuur R ja C skaala järgi?
5. Mispärast ei tarvitata termomeetriverdelikuna vett, vaid enamasti elavhõbedat?
6. Vedela õhu temperatuur on  $-190^{\circ} \text{ C}$ . Kui palju see on R ja F järgi?

68. Maksimum- ja miinimum-termomeeter. Kõige kõrgema ja madalama temperatuuri märkimiseks teatava aja, näiteks öö-päeva jooksul tarvitatakse nn. maksimum- ja miinimum-termomeetreid.

Ka inimese kehasoojuse mõõtmiseks tarvitatakse 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 torukeses peatuma. Ainult tugevasti raputades langeb elavhõbe uuesti alla. — Inimese keha normaaltemperatuur on umbes  $+37^{\circ}$  C.

69. 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, jahtudes toimub 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.

## Kehade paisumine soojendamisel.

70. 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: raudteerööpad päikesepaistel, vesi kohvimasinas, petrooleum pudelis, õhk põies ning kummipallis kuuma ahju ääres jne. Too veel näiteid kehade paisumise kohta!

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

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

Kui näiteks elavhõbeda-sammast 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 suurenemine võib toimuda eeskätt samba pikene mis arvel, siis selles avaldubki ruumpaisumine.

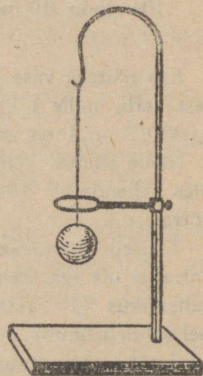
Soojuse mehaanilise teooria põhjal hakkavad keha molekulid temperatuuri tõusmisel liikuma laiemalt (suurema kiiruse ja amplituudiga), tarvitades selleks ka loomulikult rohkem ruumi, mille tagajärjeks ongi keha üldine paisumine.

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. Tulle visatud kastanid ja pähklid lõhkevad. Mispärast?
6. Klaasanumad lõhkevad sagedasti kuuma vee sissekallamisel. Mispärast?

**71. Tahkete kehade paisumine. Joonpaisumise koefitsient.** Katsed näitavad, et kõik kehad ei paisu temperatuuri tõusmisel ühte viisi. 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 hari-likus temperatuuris igas asendis rõngast vabalt läbi mahub, kuumaksäetuna aga mitte; ära jahtudes või rõnga soojenedes mahub ta jällegi rõngast läbi.

Katsed näitavad, et soojendamisel sama kraadide arvu võrra keha pikeneb alati (ligikaudu) ühepalju, s. o. keha pikenemine on võrdeline keha temperatuuri juurdekasvuga. Nii näiteks pike-



103. joon. Metall-  
kera paisub soojen-  
damisel igas suunas.

neb 10 meetri pikkune raudvarb temperatuuri tõusmisel iga 10° võrra (10°—20°; 50°—60° jne.) 1,1 millimeetrit.

Keha piknemise suurus oleneb keha esialgsest pikkusest, temperatuuri juurdekasvust ja ainest. Antud aine joonpaisumise iseloomustamiseks on võetud tarvitusele nn. joonpaisumise koefitsient. Nimetame aine joonpaisumise koefitsiendiks arvu, mis näitab, kui suure osa oma pikkusest pikeneb sellest ainest keha soojendamisel 1° C võrra.



104. joon. 10-meetrise varva paisumine soojendamisel 100° võrra.

Kui näiteks vase joonpaisumise koefitsient on 0,000017, siis pikeneb vasesest varb, mille pikkus on 1 m, temperatuuri tõusmisel ühe kraadi võrra 0,000017 m, 1 cm pikkune varb vastavalt 0,000017 cm jne.

Meile tuntud kehade võrdlevat joonpaisumist näitab 104. joon., kus on ülles tähendatud 10-meetrise varva pikkuse juurdekasv soojendamisel 100° võrra.

Täpsed mõõtmised näitavad, et kehade piknemine soojendamisel 1° C võrra ole igas temperatuuris ühesugune. Et aga kitsamas temperatuuride vahemikus (1°—100°) on vahed väga väikesed, siis võime lihtsuse otstarbel joonpaisumise koefitsiendi määramisel tegelikult mitte arvestada esialgset temperatuuri, millest paisumine algas.

Tabeleis antakse harilikult keskmised joonpaisumise koefitsiendid, mis on õiged kitsamas temperatuuride vahemikus (0°—100°).

#### Joonpaisumise koefitsiendid.

Alumiinium . . . . .	0,0000244	Marmor . . . . .	0,0000117
Hõbe . . . . .	0,0000195	Nikkel . . . . .	0,0000151
Ingliseina . . . . .	0,0000225	Plaatina . . . . .	0,0000092
Invaar . . . . .	0,0000023	Raud . . . . .	0,0000111

Jää . . . . .	0,0000507	Seatina . . . . .	0,0000293
Klaas . . . . .	0,0000091	Tsink . . . . .	0,0000292
Kuld . . . . .	0,0000143	Valgevask . . . . .	0,0000192
Kuusepuu: pikuti . . . . .	0,0000037	Vask . . . . .	0,0000171
" risti . . . . .	0,0000584		

1. Vaskvarva pikkus  $10^\circ$  juures on 2 m. Kui pikk on sama varb  $40^\circ$  juures?

2. Klaastoru pikkus  $100^\circ$  juures on 1 m. Kui pikk on see toru  $50^\circ$  ning  $0^\circ$  juures?

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

4. Kui palju pikeneb Tartu ja Tallinna vaheline telegraafitraat (191 km., raud) temp. tõusmisel  $10^\circ$  võrra?

72. Ruum- ja pindpaisumine. Soojendamisel paisub keha igas suunas, järelkult suurenevad paisumise tõttu ka keha ruum- ning pindala. Ruum- ja pindpaisumist iseloomustavad vastavad ruum- ja pindpaisumise koefitsiendid, mida defineeritakse samuti kui joonpaisumise koefitsientigi. Matemaatiline arutus näitab, et keha ruumpaisumise koefitsient võrdub kolmekordse ja pindpaisumise koefitsient kahekordse joonpaisumise koefitsiendiga.

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

2. Vaskplekk-tahvel on  $0^\circ$  juures 20 cm lai ja 30 cm pikk. Kui suur on selle tahvli pindala  $60^\circ$  juures?

3. Raudplekist anuma mahutavus  $15^\circ$  juures on täpselt 3 liitrit. Kui suur on sama anuma mahutavus  $95^\circ$  juures?

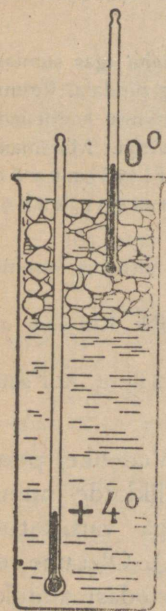
73. Vedelikkude tõeline ja näiv paisumine. Vedelikel puudub kindel kuju, seepärast võib kõnelda vedelikkude puhul ainult ruumpaisumisest. Olgu peenikese toruga varustatud anum täidetud vedelikuga kriipsuni A (105. joon.). Oletame, et soojendame esiti ainult anum, ilma et soojus edasi anduks vedelikule. Soojendamise mõjul paisub anum, ta mahutavus suureneb ja vedelik langeb kriipsuni B. Toru ruumala AB mõõdab anuma mahutavuse juurdekasvu. Nüüd oletame, et ka vedelik soojeneb anuma temperatuurini. Seetõttu tõuseb vedelik torus kriipsuni C (vedelik paisub rohkem kui tahke keha). Toru ruumala BC mõõdab vedeliku ruumala juurdekasvu. Tõepoo-

lest toimub anuma kui ka vedeliku paisumine enam-vähem kõrvuti ja me võime kindlasti tähele panna ainult mõlema paisumise mõjul tekkinud muutust — vedeliku näivat paisumist, mis mõõtab toru ruumalaga AC. Nagu

105. joon. näha:  
 $BC = AB + AC$ , s. o. vedeliku  
 tõeline paisumine = näiv paisumine +  
 + anuma paisumine.

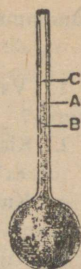
Katse näitab, et vedelikkude paisumiskoeffitsiendid on tahkete kehade omist suuremad (umbes 10 korda) ning igal vedelikul erisugused. Ka on vedeliku paisumine temperatuurist, s. o. sama vedeliku paisumiskoeffitsiendid on erisuguste temperatuuride puhul erisugused. Kõige korrapärasemalt paisub elavhõbe ja seepärast tarvitataksegi teda termomeetri ehitamisel.

74. Vee paisumise iseärasus. Vee paisumistuurides selgub, et vesi soojendamisel igas temperatuuri vahemikus ei paisu, vaid vahel otse ümberpöörduvalt soojendamisel tõmbub kokku. Seda vee omadust võime katseliselt näidata järgmiselt.



106. joon. Veel on  $4^{\circ}\text{C}$  juures kõige suurem erikaal.

me, et ülemine termomeeter järjest langeb ja võib minna  $0^{\circ}$ -ni, mis laseb



105. joon. Vedelikkude tõeline ja näiv paisumine.

Võtame [kõrge anuma (106. ljoon.), täidame veega ja jahutame vett anumas, pannes ülalt jääd (lund) vee-pinnale. Jälgime kogu aeg vee temperatuuri muutumist ülalt ja all. Vaatluse resultaadid tähendame üles tabelina. Vesi jääga kokku puutudes jahtub, muutub tihedamaks ja langeb alla. Toimub aeglane jahedamate ja soojemate osade segunemine, mida tõendab mõlema termomeetri langemine. On alumised veekihiid kuni  $4^{\circ}\text{C}$  jahtunud, ei lange temperatuur enam, millest järeldame, et ses temperatuuris on vee erikaal kõige suurem, järelikult ruumala kõige väiksem. Edaspidisel vaatlusel näeme,

järeldada vee väiksemat tihedust (suuremat ruumala) ses temperatuuris võrreldes 4°-ga.

Eelmisest katsest selgub, et kõige suurem tihedus, järelilikult ka kõige väiksem ruumala on veel 4° C juures. Selles seisnebki vee paisumise iseärasus.

Kirjeldatud 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 C. Alles edaspidisel jahtumisel 0°-ni jäävad veeosad pinnale ja jää tekkimine võib alata. Ainult jääpinna all on vee temperatuur 0° läheduses, kuna sügavamal vee temperatuur ei lange alla 4° C. Sel asjaolul on suur tähtsus vees elutsevate loomade ja taimede suhtes.

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

Seleta, kuidas toimuks veekogude kinnikülmumine siis, kui veel 0° puhul oleks kõige suurem tihedus. Missugust mõju avaldaks see asjaolu jääkorra tekkimisele?

#### Vedelikkude ruumpaisumise koefitsiendid.

Bensiin . . . . .	0,00138	Petrooleum . . . . .	0,00095
Eeter . . . . .	0,00166	Piiritus . . . . .	0,00104
Elavhõbe . . . . .	0,00018	Tärpentiin . . . . .	0,00097
Glütseriin . . . . .	0,00051	Vesi . . . . .	0,00018
Oliiviõli . . . . .	0,00072	Väävelhape . . . . .	0,00055

1. Kui palju muutub vaaditavate piirituse (500 liitri) ruumala temperatuuri muutumisel -10°-st +20°-ni?

2. Klaasanum mahutab endasse 40° juures 850 g elavhõbedat. Kui suur on selle anuma mahutavus 0° puhul?

3. Vask-kohvmasin mahutab 51° juures 2 liitrit vett. Mitu cm<sup>3</sup> suureneb kohvimasina mahutavus ja mitu cm<sup>3</sup> vee ruumala soojendamisel kuni 100°?

4. Raudplekist anum mahutab  $0^{\circ}$  juures 5 kg petrooleumi ja on just ääreni täidetud. Mitu g petrooleumi voolab anumast välja soojendamisel  $30^{\circ}$ -ni?

5. Seleta, kuidas toimub jõgede ja järvede kinnikülmumine! Mispärast vesi enam-vähem sügavas veekogus kange külmaga ei muutu põhjani jääks?

75. Gaaside paisumine. Gay-Lussac'i seadus. Õhuga täidetud mängupallid lähevad sooja käes hästi pingule, samuti õhuga täidetud põis sooja ahju läheduses. Kuumal päikesepaistel jalgratta kummid lõhkevad vahel. Mida tõestavad eelmised nähtused?

Võtame pika kaelaga keedupudeli ja asetame ta kaela ot-sapidi vee alla (107. joon.). Soojen-dame keedupudelis olevat õhku, siis näeme, et õhk hakkab keedupudelist mullidena välja tungima. Sellest järeldame, et õhk soojenedes paisub ja enam endiselt keedupudelisse ei mahu. – Jahtudes aga tõmbub õhk keedu-pudelis kokku, tema ruumala väheneb, ja siis tungib vesi keedupudeli kaela.

Katsed teiste gaasidega annavad meile samad tulemused. Tähendab: gaasid, samuti kui tahked ja vedelad kehad, soojenedes paisuvad ning jahtudes tõmbuvad kokku.

Gaasidel, samuti kui vedelikel, ei ole kindlat kuju, seepärast võime kõnelda gaaside puhul ainult ruumpaisumisest. Ka oleneb antud gaasihulga ruumala rõhust. Seepärast tuleb rõhumise mõju kõrvaldamiseks gaasi paisumise käsitlemisel jätta rõhumine kogu aeg samaks.

Mitmesuguste gaaside paisumist uurides leidis prantslane Gay-Lussac [loe: ge-lüssa'k] esimesena (1802. a.), et jääva



107. joon. Õhk soojendamisel paisub.

rõhumise puhul paisuvad kõik gaasid ühte viisi, ja nimelt nõnda, et temperatuuri tõusmisel  $1^{\circ}\text{C}$  võrra suureneb gaasi ruumala 0,00366 ehk  $\frac{1}{273}$  osa võrra oma ruumalast  $0^{\circ}\text{C}$  juures. Seega on siis  $\frac{1}{273}$  kõikide gaaside kohta ühine ruumpaisumiskoeffitsient.

1. Antud õhuhulga ruumala  $0^{\circ}\text{C}$  juures on 3 liitrit. Kui suur on sama õhu ruumala  $91^{\circ}$  puhul?
2. Mitme kraadi võrra tuleb  $0^{\circ}$ -st õhku jahutada, et ta ruumala väheneks 2 korda?
3. Antud gaasihulga ruumala  $0^{\circ}$  juures on  $v_0$  liitrit. Missuguses temperatuuris on sama gaasihulga ruumala  $2v_0$  liitrit?

## Soojushulga mõõtmine.

76. 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  $45^{\circ}$  võrra, siis kahe samasuguse kivi mõjul tõuseb selle veehulga temperatuur ligi 2 korda rohkem. Sääraseist katseist selgub, et me võime kõnelda soojushulgast kui teatavast suurusest, mis andub ühest kehast teise ja mida võib mõõta.

Tuleb kindlasti teha vahet temperatuuri ja soojushulga mõiste vahel. Esimene näitab keha soojuse astet, mille üle meie ka enda otsese tunde abil saame otsustada, teine näitab kehas olevat soojusenergiat, mille otseseks 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.

**77. Soojushulga mõõtmine.** Soojushulga (energia) mõõtmisel on võetud ühikuks see soojushulk, mille 1 g vett juurde saab (või kaotab), kui ta temperatuur tõuseb (või langeb)  $1^{\circ}\text{C}$  võrra. Nimetame selle soojushulga **gramm-kaloriks** ehk lihtsalt kaloriks (**cal**, ladina keeles *calor* – soojus). **Kilogramm-kalor** ehk kilo-kalor (**kcal**) on 1000 gramm-kalorit ja vastab soojushulgale, mis 1 kg vett juurde saab (või kaotab), kui ta temperatuur tõuseb (või langeb)  $1^{\circ}\text{C}$  võrra. Vahest nimetatakse gramm-kalorit ka väikeseks ja kilo-kalorit suureks kaloriks.

[Katse näitab, et antud veehulga temperatuuri tõstmiseks  $1^{\circ}\text{C}$  võrra kulub alati (peaaegu) ühepalju soojust, vaatamata algtemperatuurile, millest algab soojendamine (kas  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$  või  $60^{\circ}$  jne.), seepärast ei ole meil tegelikult tähtis kalori definitsioonis nimetada algtemperatuuri.

Tahame näiteks teada, kui palju kulub soojust, et 250 g vee temperatuuri tõsta  $10^{\circ}$  võrra, siis arutame järgmiselt:

1 g	vee temp. tõstm.	$1^{\circ}\text{C}$	võrra kulub	1 cal	soojust
250	" "	" "	$1^{\circ}\text{C}$	" "	250 " "
250	" "	" "	$10^{\circ}\text{C}$	" "	$250 \cdot 10$ " "

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  $t^{\circ}$  võrra kulub soojust

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

1. Kui palju kulub soojust, et 150 g vett soojendada  $10^{\circ}$ -st  $25^{\circ}$ -ni?
2. Kui palju soojust kulub selleks, et 5 liitrit vett toatemperatuurist ( $17^{\circ}$ ) soojendada  $100^{\circ}$ -ni?
3. Kui palju soojust annab ära teeklaasitäis ( $250 \text{ cm}^3$ ) vett jahtudes  $100^{\circ}$ -st  $15^{\circ}$ -ni?
4. 5 liitrit vett andis ära jahtudes 60 kcal soojust. Kuidas muutus vee temperatuur?

5. 15 g vett, mille temp.  $20^{\circ}$ , saab 0,3 kcal soojust juurde. Kui kõrgele tõuseb vee temperatuur?

6.  $1 \text{ m}^3$  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  $15^{\circ}$  võrra?

9. Mitu liitrit vett kaotab jahtumisel  $12^{\circ}$  võrra 90 kcal soojust?

10. Kuidas saab määrata soojushulka, mille annab hõõglamp 5 min. jooksul?

78. Keha soojusmahutavus. Aine erisoojus. Võtame 500 g rauda (naelad) ja 500 g seatina (haavlid), soojendame neid näiteks  $100^{\circ}$ -ni (keevast vees hoides) ja asetame siis ühe ühte, teise teise anumasse veega. Veehulk ja algtemperatuur olgu mõlemas anumal samad, soovivat, 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 juurde saab (või kaotab), kui ta temperatuur tõuseb (või langeb)  $1^{\circ} \text{ C}$  võrra.

Kui näiteks rauatüki temperatuuri tõstmiseks  $1^{\circ} \text{ C}$  võrra kulub 15 cal, siis on selle rauatüki soojusmahutavus 15 cal, jne.

Kui keha koosneb ühtlasest ainest (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 juurde saab (või kaotab), kui ta temperatuur tõuseb (või langeb)  $1^{\circ} \text{ C}$  võrra.

1 g vee soojendamiseks  $1^{\circ} \text{ C}$  võrra kulub 1 cal soojust, järelikult vee erisoojus on 1 cal; 1 g raua soojendamiseks  $1^{\circ} \text{ C}$  võrra kulub 0,1 cal soojust, seega on siis raua erisoojus 0,1 cal, jne.

Näide. Teeklaas kaalub 200 g ning jahtus  $60^{\circ}$  võrra. Kui palju ta kaotas soojust?

Klaasi erisoojus on 0,17 cal, järelikult  $1^{\circ} \text{ C}$  võrra jahtudes kaotab teeklaas  $0,17 \cdot 200$  cal,  $60^{\circ}$  võrra jahtudes  $0,17 \cdot 200 \cdot 60$  ehk 2040 cal.

Üldse, kui meil on  $m$  g ainet, mille erisoojus  $c$  cal, siis kaotab ta temperatuuri langemisel  $t^{\circ}$  võrra soojust

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

## 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
Kivistüsi . . . . .	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

1. Millisel kehal ülalolevast tabelist 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 kliima kujunemisel?

4. 300-g seatinatüki soojendamiseks 15<sup>0</sup>-st 35<sup>0</sup>-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<sup>0</sup>-st 28<sup>0</sup>-ni. Kui palju kaotas ta soojust?

8. Seatinatükk kaalub 250 g. Kui palju soojust kulub ta soojendamiseks 15<sup>0</sup>-st 100<sup>0</sup>-ni?

## Sulamine.

79. Sulamis- ja tahkumisnähtus ning -seadused. Keha olek (tahke, vedel, gaasiline) oleneb temperatuurist. Keha üleminekut tahkest olekust vedelasse nimetame **sulamiseks**. Vaa-

tame, kuidas toimub sulamine. Võtame näiteks tüki jääd (lund), paneme anumasse ja hakkame soojendama. Olgu algul jää temperatuur  $-60^{\circ}$  C. Soojendamisel tõuseb jää temperatuur kuni kiiresti  $0^{\circ}$ -ni ja jääb siis seisma, kuni kõik jää ära sulab — muutub veeks. Kui tugevamini soojendada, muutub sulamine kiiremaks, kuid jää temperatuur ei tõuse seejuures. Kogu sulamise kestel on jää temperatuur sama, nimelt  $0^{\circ}$ . Lõpetame soojuse juurdevoolu, siis jääb sulamine otsekohe seisma; mõlemad — sulamisest tekkinud vesi ja sulamata jää — püsivad  $0^{\circ}$  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 toimub nähtus vastupidises järjekorras, nimelt: vesi jahtub soojuse kaotusel  $0^{\circ}$ -ni ja hakkab siis edaspidisel soojuse kaotusel muutuma jääks — t a h k u m a. Kogu tahkumise kestel on vee temperatuur sama, nimelt  $0^{\circ}$ . 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 sulamis- (tahkumis-) temperatuuril;

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. Nagu nägime, kestab jää sulamine 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 olekus<sup>t</sup> muuta vedelaks, nimetatakse selle aine sulamissoojuseks. Nii näiteks on jää sulamissoojus 80 gramm-kalorit.

Tahkumisel toimub vastupidine nähtus. Sulamiseks kulutatud energia saab vabaks ja andub edasi ümberolevaile 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.

108. joon. \*Jääks muutudes paisub vesi tugevasti ja lõhub raudpommi.

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?

## Sulamistemperatuurid ja -soojused.

Aine	Sulamis- tempera- tuur	Sulamis- soojus	Aine	Sulamis- tempera- tuur	Sulamis- soojus
Alumiinium. . . . .	657 <sup>0</sup>	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 <sup>0</sup>	80,0	Väävel . . . . .	113	9,4
Kuld . . . . .	1063	16	—		
Nikkel . . . . .	1451	65	Hapnik . . . . .	—219	3,3
Parafiin . . . . .	50—55	35,1	Lämmastik . . . . .	—210	6,1
Piiritus . . . . .	—130	—	Süsihappegaas . . . . .	—56,3	45,3
Plaatina . . . . .	1764	27	Vesinik . . . . .	—258	14

Kui tugevasti vesi jääks muutudes paisub, näitab katse raudpommiga (108. joon.), mille õõnsus täidetakse veega, siis kruvitakse kõvasti kinni ja asetatakse jahtuvasse segusse. Jääks muutudes paisub vesi nii tugevasti, et pomm lõhkeb. — Samuti kui kõik teised kehad jää jahtudes tõmbub kokku ja soojenedes paisub.

Täida pudel veega ja pane välja kange külma kätte! Vaata, mis juhtub ja mispärast?

1. Mis tähtsus on jää sulamissoojuse suurusel jää- ja lumikatte tekki- misel 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 tunne- me, kas külmetab või sulab?

4. Jää (jäätis) tundub hambaile külmem kui jäävesi (C<sup>0</sup>). Mispärast?

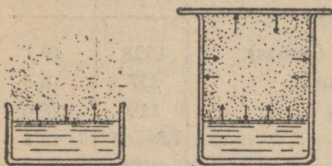
5. Missugused ained annavad paremini valada: kas need, millede ruumala tahkumisel suureneb, või need, millede ruumala väheneb? Mispärast raha ei valata, vaid pressitakse („lüüakse“)?

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<sup>0</sup>?

## Aurustumine ja niiskus.

82. Aurustumine lahtises anumast. Me teame, et kuivas ruumis vesi lahtisest anumast (109. joon., a) kaob pikkamisi



109. joon. Aurustumine lahtises ja kinnises anumast.

ära. Eetri ja piirituse ärakadumine toimub hoopis kiiremini. Seletuseks ütleme, et vesi (eeter, piiritus jne.) on ära auranud, gaasilisse olekusse läinud. Niisiis nimetame aurustumiseks aine aeglast muutumist vedelast olekust gaasilisse, kusjuures see muutumine toimub vedeliku pin-

nal 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 lenduvaks.

Molekulaarhüpoteesi põhjal võime aurustumist seletada järgmiselt. Vedelikumolekulid on alalises liikumises ja selle keskmise kiirus oleneb temperatuurist. Et vedelikumolekulid asetsevad üksteisele väga lähedal, siis on sagedad kokkupõrked möödapääsematud. Need pinna lähedal olevad vedelikumolekulid, millede kiirus 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 moodustavad vedeliku auru need peaaesjalikult suurema kiirusega vedelikumolekulid, mis vedelikust välja pääsevad.

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

83. Aurustumine kinnises anumast. Kui aurustumine toimub kinnises anumast (109. joon., b), siis ei pääse aurumolekulid vedeliku peal olevast ruumist eemale, vaid kogunevad kõik sinna piiratud ruumi. Aurumolekulide arv suureneb jär-

jest, kuid lõpuks tekib nn. liikuv tasakaal, s. o. seisund, kus vedelikust väljunud (auruks muutunud) molekuli-  
lide arv võrdub aurust vedelikku tagasi läi-  
nud molekulide arvuga. Nüüd antud ruumi selles  
temperatuuris aurumolekule enam ei mahu. Me ütleme, et  
ruum on aurust küllastatud ehk aur on küllastunud.

Liikuva tasakaalu nähtus esineb mitte üksnes vedeliku- ja aurumolekulide  
liikumises, vaid väga sagedasti ka mujal. Kui rahvaarv ei kasva ega ka-  
hane, siis on siin liikuv tasakaal: niipalju kui sureb, niisama palju sünnib  
asemele jne. Too näiteid liikuva tasakaalu kohta!

Suurendame vedeliku kohal olevat kinnist ruumi, siis ei jätku  
aurumolekulidest selle ruumi küllastamiseks, ruum on aurust  
küllastamata ja vedelikust võib molekule ruumi juurde tulla  
kuni küllastuseni. Vähendame auruga küllastatud ruumi, siis  
peab osa aurumolekule paratamatult vedelikku tagasi minema  
— v e e l d u m a, sest niipalju neid antud ruumi ei mahu.

84. Küllastunud auru rõhumine. Aurumolekulid liiguvad vabalt ruu-  
mis sarnaselt gaasimolekulidega. Seepärast peab aur sarnaselt gaasidega  
molekulide alaliste kokkupõrgete (pommitamise) tõttu avaldama rõhumist.  
Nagu nägime, on' küllastatud ruumis aurumolekulide arv kõige suurem, see-  
pärast peab olema küllastunud aurul võrreldes küllastumata auruga ka kõige  
suurem rõhumine.

Katsed näitavad, et küllastunud auru rõhumine on olemas  
vedeliku ainest ja auru temperatuurist ning suureneb  
temperatuuri tõustes. Nii on 20° C juures küllastunud auru rõ-  
humine piiritusel ligi 2,5 korda, eetril aga 25 korda suurem kui veel. Kee-  
misel võrdub vee küllastunud auru rõhumine õhurõhumisega, s. o. 76 cm Hg.

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

85. Õhu niiskus. Vabalt veepinnalt, nagu mered, järved,  
jõesed jne., aurustub vahetpidamatult vett (niiskust) õhku. See-  
pärast on õhus alati suuremal või väiksemal määral veeauru.  
Lihtsad katsed näitavad, et see on tõepoolest nõnda: kloor-

kaltsium imeb endasse õhus olevat veeauru ja läheb seetõttu varsti märjaks; kallame soojas toas väljastpoolt hästi ärakuivatatud veeklaasi külma vett, siis läheb klaas väljastpoolt niiskeks; a knad „higistavad“, jne. Nimetame õhu absoluutseks niiskuseks ühes kuupmeetris olevat veeauru hulka, mõõdetud grammides, relatiivseks niiskuseks aga antud ruumis oleva veeauru hulga suhet selle veeauru hulgaga, mis samas temperatuuris seda ruumi küllastaks.

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

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

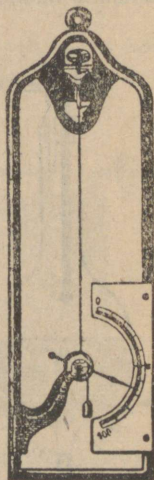
Kui näiteks teame, et  $20^{\circ}$  C juures sisaldab meie klassitoas olev õhk igas kuupmeetris 8,65 g veeauru (absoluutne niiskus antud olukorras), küllastuse puhul samas temperatuuris ( $20^{\circ}$  C) sisaldab aga iga kuupmeeter 17,3 g veeauru (absoluutne niiskus küllastumisel), siis on relatiivne niiskus  $\frac{8,65}{17,3}$  ehk  $\frac{1}{2}$ . Harilikult väljendatakse relatiivne niiskus %-des (meie juhul  $\frac{1}{2} = 50\%$ ); siis näitab relatiivne niiskus küllastuse määra, s. o. mitu % moodustab õhus juba olev veeauru hulk sellest, mis sinna antud temperatuuris maksimaalselt mahuks.

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 tai-

memajades peab valitsema taimekasvule paras relatiivne niiskus. Relatiivsest niiskusest oleneb suurel määral ka sademete tekkimise võimalus.

**86. Hügromeetrid.** Riistu, millede abil mõõdetakse õhu niiskuse määra, nimet. hügro meetreiks. Niiskushulga suurenemist ja vähenemist õhus vaadeldakse nn. niiskusenäitajate ehk hügrokoopide abil.

Üks lihtsam neist on kujutatud 110. joon. Tema ehituse aluseks on nähtus, et juuksekarv imeb niiskust sisse ja läheb selle mõjul pikemaks, õhu kuivenedes aga tõmbub uuesti kokku. Juuksekarv on mässitud telje ümber, millega ühenduses on osuti. Juuksekarva pikuse muutumine paneb osuti ühes või teises suunas liikuma, mis näitabki meile numbri-  
laual märgitud niiskusmäära protsentides.



110. joon.  
Juushügrokoop.

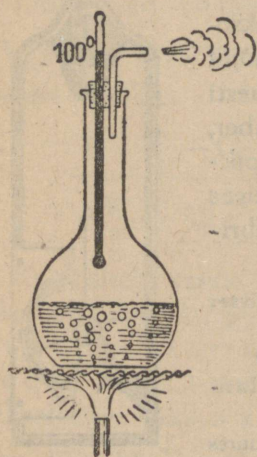
1. Kuidas on võimalik tarbe korral õhu relatiivset niiskust toas suurendada?
2. Mispärast ei ole kaste alati ühteviisi tugev?
3. Me tarvitame sagedasti kõnekäändu „kaste langeb maha“. Kas on see õige?
4. Klaasi ( $9 \cdot 6 \cdot 4 \text{ m}^3$ ) õhu relat. niiskus  $15^\circ$  juures on  $60\%$ . Kui palju kaalub kogu klassis olev veeaur?
5. Mitu kuupmeetrit ruumi on võimalik küllastada  $20^\circ$  juures 344 g vee arvel?
6.  $15^\circ$  juures on õhu relatiivne niiskus  $55\%$ . Leia absoluutne niiskus!
7. Õhus  $25^\circ$  juures olev niiskushulk suudaks küllastada seda õhku  $15^\circ$  juures. Leia relatiivne niiskus!

## Keemine.

**87. Keemistähtsus ja -seadused.** Võtame keedupudelis vett ja hakkame teda soojendama (111. joon.). Vees on alati õhku. Soojendamise mõjul hakkavad lahkuma veest kõige esiti õhumullikesed ning sadestuvad anuma seintele. Edasi, kui soojendamine toimub alt, põhjast, siis tõusevad soojenenud veeosad kui vähem tihedad pinnale ja nende asemele langevad pinnalt

jahedamad veeosad. On vesi sedaviisi segunedes  $100^{\circ}\text{C}$  soojaks saanud, hakkab ta edaspidisel soojuse juurdevoolamisel keema, s. o. kiiresti auruks muutuma, ehk auruma, kusjuures aurumullikesed tekivad 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 aurumullikesed, kuid veidi kõrgemale tõustes jahtuvad nad ja surutakse kokku õhu ning vee rõhumise mõjul. Alles siis, kui kogu vesi on jõudnud keemise- ehk aurumistemperatuurini, võrdub küllastunud veeaururõhumine õhurõhumisega ja mullikesed tõusevad vabalt veepinnale. Seepärast võime täpsemalt vee keemistemperatuuriks (keemispunkti) nimetada seda temperatuuri, millel küllastunud veeauru rõhumine võrdub välisrõhumisega.



111. joon. Vesi keeb  $100^{\circ}\text{C}$  juures.

Vee, samuti ka teiste vedelikkude keemisel kehtivad korrapärasused on sarnased tahkete kehade sulamisel tähelepanud 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 keemistemperatuuril vedelast olekust muuta auruks, nimetatakse selle aine aurumissoojuseks. Vee aurumissoojus on 540 kalorit grammi kohta normaalrõhumisel.

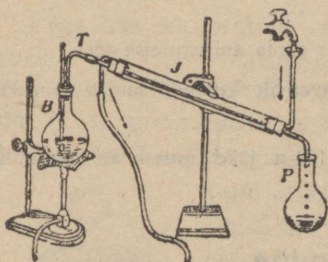
Veeaur on nähtamatu. Kui aga veeaur jahtudes tiheneb väikesteks veepiiskadeks ning seetõttu saab meile nähtavaks, siis ei ole see enam veeaur, vaid toss ehk ud. Kus on 111. joonisel veeaur ja kus toss?

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

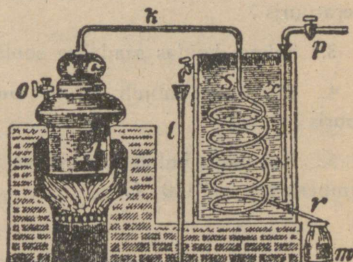
vedeliku kohal oleva küllastunud auru temperatuur on alati jääv, kui ei muutu rõhumine, mille all on keev vedelik. Seepärast määratakse vedeliku keemistemperatuur keevast vedelikust tekkinud auru abil, mis on vedeliku kohal.

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

Katse näitab, et keemisel muutub auruks ehk aurub ainult puhas vedelik, kuna kõik vedelikus lahustunud kõvad ained sinna alles jäävad. Sellel



112. joon. Destillatsioon.



113. joon. Destilleerimisaparaat.

auru omadusel põhineb üks vedelikkude puhastamise ehk destillatsiooni viise (112. joon.). Keedupudelis B on puhastatav vedelik, mille aurtorus T veeldub jahutajast J läbi minnes ja voolab anumasse P. Suuremal määral destilleeritud vee saamiseks tarvitatakse sellekohaseid seadiseid, nagu näha 113. joon.

Seleta, kuidas töötab 113. joon. kujutatud destilleerimisaparaat.

Destillatsioon leiab laialdast kasutamist tööstuses: puhta (destilleeritud) vee saamine, piirituse puhastamine jne.

Vahel, näiteks suhkrutööstuses, on vaja veest lahti saada, ilma et selleks kõrget temperatuuri tarvitataks. Niisugusel juhul toimub destilleerimine 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. Seleta, kuidas saadakse soolajärvedes soola aurustumise teel.
4. Mispärast mõjub kuum aur põletavamalt kui vesi samas temperatuuris?
5. Kui palju kulub soojust, et 50 g  $-10^{\circ}$ -st jääd muuta auruks, mille temperatuur on  $100^{\circ}$  C?

## Soojuse levimine.

89. Soojuse juhitevus. Võtame raudnaela või, mis veel parem, tükikese vasktraati ja hoiame ta üht otsa näppude vahel, teist otsa aga soendame 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 aineosakesest külmemasse, soojuse juhitevuseks, ja keha, mida mööda soojus sedaviisi edasi läheb, soojuse juhiks.

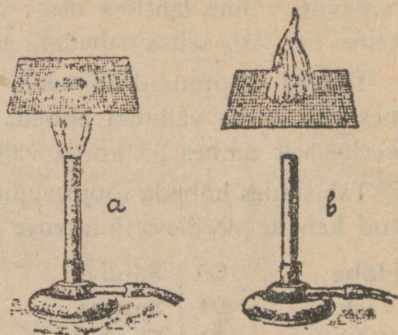


114. Joon. Vask on hea soojusejuht.

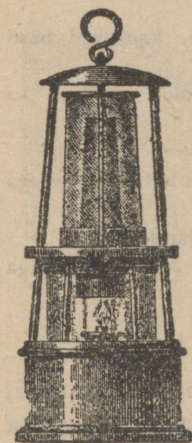
Katsed näitavad, et soojuste juhitud suhtes erinevad kehad üksteisest õige suurel määral. Üldiselt on kõige paremad soojusejuhitud tahked kehad (iseäranis metallid), vedelikud on halvemad ja gaasid kõige halvemad soojusejuhitud. Teeme soojuse juhitud kohta veel mõne katse.

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

Väga hea soojusejuht on vask. Rõngasse kääritatud vasktraati küünla leegil hoides (114. joon.) küünal kustub. 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 (115. joon.); esimesel juhul (a) on gaas süüdatud altpoolt, teisel juhul (b) ültpoolt võrku.



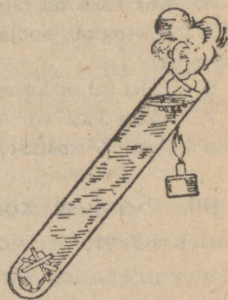
115. joon. Leek püsib ühel pool vaskvõrku.



[116. joon. Davy kaitselamp.

Vaskvõrgu suur juhitudvus leiab kasutamist ka Davy kaitselambi ehitamisel (116. joon.). Lambi leek on ümbritsetud tiheda vaskvõrguga. Kui kaevanduses on kogunenud plahvatavat gaasi, siis tekivad väikesed kahjutud plah-

vatused võrgu sees ja annavad märku hädasohtlikust seisukorrast.



117. joon. Vesi on halb soojusejuht.

Vesi on halb soojusejuht, seda näitab lihtne katse: täidame katseklaasi veega ja soojendame teda lahtisest otsast (117. 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.

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

Hõbe	100	Raud	12	Männipuu risti	0,0088
Vask	94	Seatina	8,3	Saepur u	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
Inglitina	15	Männipuu pikuti	0,03	Õhk	0,005

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

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

3. Mispärast lähevad raudahjud ruttu kuumaks, kuid jahtuvad ka ruttu?

4. Mis kasu on talveaknaist?

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

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

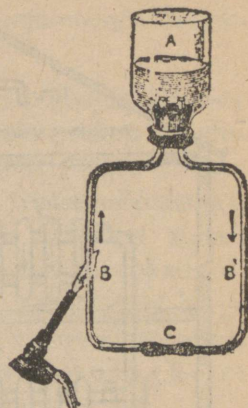
7. Märk käsi või keel külmub silmapilk külma raua külge, mitte aga puu külge. Mispärast?

**90. Soojuse konvektsioon.** Katseklaasis vett alt soojendades näeme, et vesi hakkab ka pealt kohe soojaks minema, sest soojenedes 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

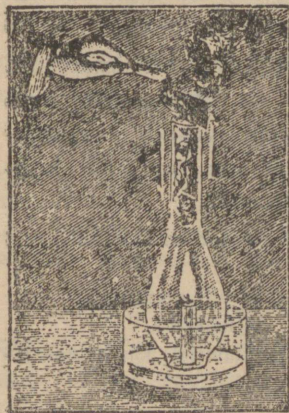
oleks parem tähele panna, lisame vette peenikest puupuru, mis ühes veega liikuma hakkab ja sellega vee liikumise meile nähtavaks teeb. Veel selgema pildi vee liikumisest soojendamisel saame, kui sama katset teeme sellekohase riistaga, nagu näha 118. joon.

Anum *A* on täidetud veega nii, et toru *BCB'* otsad oleksid kaetud. Lisandame veele anum *A* veidi tinti või mõnd teist värvainet, et vedeliku liikumine oleks paremini näha. Toru *B* väikese leegiga soojendades saame vee liikumise noole suunas. Mispärast?

Niisugust soojust levimise viisi, kus soojus aine osakestega ühest kohast teise kantakse, nimetatakse soojust edasikandumiseks ehk konvektsiooniks. Mõistagi, et konvektsioon on võimalik kehaes, millele osad üksteise



118. joon. Soojuse konvektsioon vees.



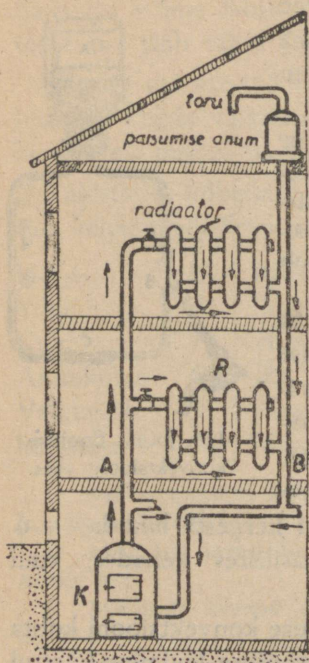
119. joon. Soojuse konvektsioon õhus.

suhtes annavad kergesti liikuda, s. o. vedelais ja gaasilistes kehaes, kuid mitte tahkeis.

Näiteks soojust konvektsiooni kohta õhus on meil soojust levimine köetud ahjust, kus soe õhk ahju juures ülal tõuseb, lae alt mööda tuba laiali valgub, seinte ääres jahtudes pikkamisi alla langeb ja alt ahju juurde tagasi liigub. Samuti kui paotada üks või aken, mis lahutab külma ruumi soojemast, võime põlevat küünalt ülal ja all ukse või akna ääres hoides näha, et soe õhk voolab ülalt jahtumasse ja külm õhk alt soojemasse ruumi.

Konvektsiooni õhus näitab meile selgesti ka järgmine katse

(119.joon.). Madala anuma põhjal seisev küünal põleb lambiklaasi sees. Kui anuma põhja valada veidi vett, kustub küünal peagi, sest vesi takistab värsket õhu juurdevoolu. Nüüd jagame lambiklaasi ülemise osa papitükiga pooleks. Küünalt uuesti süüdates ei kustu ta enam, sest nüüd voolab värsket õhk kui korstnast ühelt poolt sisse ja põlemisproduktid teiselt poolt välja. Seda õhuvoolu on suitsu abil kerge tähele panna.



120. joon. Vesikütte skeem.

Vesikütte ehitus selgub 120. 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. r a d i a a t o r i t e kaudu annab soojust ruumidesse.

Jälgi 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 täidetult?
2. Mispärast kaetakse jääkeldris jää suvel õlgede või saepuruga?
3. Tuulise ilmaga on külm iseäranis lõikav? Mispärast?
4. Kuidas on kasulikum toimetada jää abil jahutamisel: kas panna jahutatav keha jää alla või jää peale?

**91. Kiirgamine.** Küdeva lahtise ahjusuu juures seisest tunneme, et ahjus hõõguvaist sütest meile alatas soojust voolab. Hõõguvate süte soojus ei levi sel juhul konvektsiooni kaudu, sest õhuvool on suunatud toast ahju. Ka juhi-

tavuse abil ei saa me nähtust seletada, sest konvektsiooni-  
vool ahju suunas hävitab täiesti juhitevuse abil õhus levinud  
soojuse mõju. Sellest järeldame, et peale juhitevuse ja kon-  
vektsiooni peab olema veel mõni viis soojusenergia levimi-  
seks.

Juhitevuse ja konvektsiooni puhul levib soojus ainelistel  
vahendite kaudu; Päikese ja Maa vahel maailmaruumis puudu-  
vad niisugused ainelised vahendid, kuid siiski tungib soojus-  
energia vabalt läbi maailmaruumi Päikeselt Maani. Nimetame  
soojuse levimist sel teel, nagu see toimub küdevast ahjust,  
Päikeselt jne., kiirgumiseks. Mitte ainult helendavad ke-  
had, nagu Päike, hõõguvad söed, põlev lamp jne., ei kiirga  
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, oleneb peale  
keha temperatuuri ja aine veel suurel määral kiirgava keha  
pinna ehitusest ja värvusest. On arusaadav, et kare pind  
kiirgab rohkem soojust kui sile, sest esimesel juhul on kiirga-  
mispindala suurem. Olenevuse kohta värvusest teeme järg-  
mise katse.

Võtame kaks täitsa ühesugust plekkanumat ( $\sim 1/2$  l). Ühe anuma välis-  
pinna värvime mustaks või katame nõega, teise pinna jätame puhtaks  
(valge plekk). Valame mõlemasse ühepalju kuumat vett ( $\sim 70^\circ$ ). Lase-  
me veel jahtuda mõlemas anumal samasuguseis tingimuses ja jälgime kogu  
aeg vee temperatuuri, tehes mõõtmisi näiteks iga 2 min. tagant.

Vaatlused näitavad, et mustaks värvitud või nõetatud sein-  
tega anumal jahtub vesi kiiremini kui valgete seintega anu-  
mas. Täheandab, must pind kiirgab välja sama aja  
jooksul rohkem soojust kui valge pind. Ka üm-  
berpööratud juhul, soojuse kiirguse neelamisel, on musta  
pinna neelamisvõime tunduvalt suurem valge  
pinna neelamisvõimest.

Lihtsad tähelepanekud (missugused?) näitavad, et soojus kiirgub sirgjooneliselt. Ka võib kiirguv soojus keskonnast läbi minna, ilma et ta seda keskkonda soojendaks. Näiteks Päikese kiired võivad õhust läbi tungida, ilma et õhk seejuures tunduvalt soojemaks läheks. On ju õhk ülemistes kihtides ka kõige palavamal suvepäeval väga külm.



121. joon.

Praktiliselt on sagel 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 jahtumise västu). Üheks sääraseks riistaks on termos pudel, mis on õieti kahekordsete hõbetatud seintega klaasanum, kus seinte vahel on õhutühi ruum (121. joon.). Õhutühi ruum kaitseb termos pudelit soojuse kaotuse vastu juhitavuse ja konvektsiooni teel, kuna seinte hõbetamine on kaitseks soojuskiirguse vastu. Kaitseks katkimineku vastu on termos pudelid harilikult ümbritsetud plekk-kestaga.

Termospudel.

Nn. keedukastis hautatakse toitu või hoitakse teda soojana. Siin on harilik puukast seestpoolt paksult vooderdatud halvasti juhtiva ainega, mis takistab soojuse 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. õhupalli-gondlit (õhukindlalt suletav alumiiniumist kuul), mille üks pool oli värvitud mustaks, kuna teine pool oli poleeritud pinnaga. Selline konstruktsioon võimaldas reguleerida gondli sisemuse temperatuuri. Kuidas?

## Soojusenergia ja töö.

92. Päike energia allikana. Päikesekonstant. Kõige tähtsamaks Maa soojuse ja üldse kogu energia allikaks on Päike. Suure kuumana (raadius 109 Maa raadiust ja temperatuur  $\sim 6000^{\circ} \text{C}$ ) saadab Päike kiirgamise teel vahetpidamata määratu hulga energiat maailmaruumi laiali; Maa peale

langeb ainult väike osa ( $\sim \frac{1}{2 \cdot 10^9}$ ) 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, niisutades põlde, tekitades allikaid, jõgesid, koski ning jugasid. Taime- ja loomakasv on võimalik ainult Päikese elustavate kiirte mõjul, ka maapõuest väljakaevatavad põletusained, nagu kivisüsi, põlevkivi jne., on endiste aegade energia pärand.

Päikeselt saadava energia hulga üle võime otsustada nn. päikese- ehk solaarkonstandi abil. Päikesekonstandiks nimet. soojushulka, mis langeks Maa pinnal Päikese kiirtele risti vastu asetatud  $1 \text{ cm}^2$ -sele pinnale 1 minuti jooksul, oletades, et õhkkond läbiminevaist Päikese kiirtest midagi ära ei neela. Sellekohased täpsed mõõtmised näitavad, et päikesekonstandi suurus on  $\sim 2 \text{ gramm kalorit}$  (õigemini 1,94). Et meil võimalik ei ole õhkkonna neelavat mõju kõrvaldada, siis jõuab paremal juhul (Päike on seniidis ja õhk selge ning tolmuva) ainult 0,8 sellest soojusest merepinnani, kuna 0,2 neeldub õhus. Mida madalamal on Päike, seda pikem on ta kiirte tee õhkkonnas ja seda vähem soojuse energiat saab Maa pind.

**93. 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 ( $\text{CO}_2$ ),  $\sim 8000$  kilokalorit soojust. Veel rohkem soojust tekib vesiniku ühinemisel hapnikuga ehk veeks põlemisel, kus tekib iga kg vesiniku ärapõlemisel  $\sim 34\,000$  kilokalorit soojust. Kütteainete 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.

Bensiin, petrooleum . . . . .	10 000
Kivisüsi . . . . .	7 000—8 000
Piiritus . . . . .	6 360
Puu, õhukuiv (20—25% niiskust) . . . . .	~3 000
Puusüsi põlemisel CO <sub>2</sub> -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 puudulga 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?

94. Töö muundumine soojuseks. Mehaanilist tööd võime kergesti muundada soojuseks. Selleks on meil igapäevasest elust küllalt näiteid. Hõõrume peopesi kiiresti teineteise vastu, siis tunneme, et nad lähevad soojaks, sest hõõrdumise ületamiseks kulutatud töö muundub soojuseks. Kahe kuiva puutüki teineteise vastu hõõrumisel võime saada tuld. Sel teel saadi tuld vanasti ja veel koguni hilise ajani metsrahvaste juures.

Ladumisele antud 29. XI 1944. Trükkimisele antud 27. II 1945. Paber 56:79 cm  $\frac{1}{16}$ . Trüki-  
arv 18.200. Trükitähti trükipoognas 32.330. Trükipoognaid 7. Arvutuspoognaid 5,65. MB-01217.  
Trükikoda „Kommunist“, Tallinn, Pikk t, 2. Tellimise nr. 3373.

На эстонском языке. И. Ланг: Физика.

Rbl. 2.50