

LOFY.01.087 Füüsika looduslikus ja tehiskeskkonnas I (3 EAP)

Sissejuhatus.....	1
1. Füüsika kui loodusteadus.....	2
1.1. Loodus.....	2
1.2. Füüsika.....	3
1.3. Teaduse meetod.....	4
2. Universumiõpetus.....	7
3. Liikumine ja selle energia.....	11
3.1. Liikumine.....	11
3.2. Jõud.....	13
3.3. Töö ja energia.....	19
4. Kehad vedelikus ja gaasis.....	22
5. Aine ehitus.....	25
6. Vedelike omadused: pindpinevus, märgamine, kapillaarsus, osmoos.....	29
7. Soojusnähtused (ohutusnõuded).....	33
8. Soojusenergia ja selle ülekanne.....	35
9. Ainete agregaatolekud. Õhuniiskus.....	38
10. Võnkumine ja laine.....	42
10.1. Võnkumine.....	42
10.2. Laine.....	44
11. Elekter ja magnetism.....	48
11.1. Elektrilaengud.....	48
11.2. Elektrijuhid ja mitteelektrijuhid.....	51
11.3. Elektrivool.....	52
11.4. Elektrienergia kasutamine.....	55
11.5. Magnetnähtused.....	59
12. Valguse omadused.....	61
Kirjandus.....	66
Eksamiküsimused.....	67

Sissejuhatus

Käesolev kursus on mõeldud andmaks füüsikalist tausta loodusõpetuse õpetamiseks põhikooli nooremates astmetes.

Oma kursuses me ei käsitle füüsikat kui täppisteadust, vaid püüame hakkama saada ilma suurema matemaatika ja täpsuseta. Pöörame peatähelepanu nähtuste kvalitatiivsele kirjeldamisele ja seletamisele.

Aga alustuseks räägime siiski natuke ka sellest, mis on **täppisteadus**.

Täppisteadused ehk reaalteadused on sellised teadused, kus matemaatika osatähtsus on suur, näiteks selliseks teaduseks on **füüsika**. Mõnikord nimetatakse selliseid teadusi ka füüsika-matemaatika teadusteks. Teisalt kuulub füüsika loodusteaduste hulka, kuhu ta kuulub oma uurimisobjekti – looduse kaudu.

Füüsikale on omane **täppisteaduslik mõtlemisviis (TTMV)**, mille põhitunnuseks on kõikide loodusnähtuste kirjeldamine kvantitatiivsel, rangelt matemaatilisel kujul.

Paraku on selline mõtlemine enamikule õpilastele arusaamatu ning raskesti mõistetav, eriti nooremates klassides. Täppisteaduslik mõtlemisviis jätab reeglina vahele

teadusliku mõtlemise esimese faasi, mis tugineb katsetele, näidetele, analoogiatele ja kvalitatiivsetele seostele. Sellist mõtlemisviisi nimetame **loodusteaduslikuks mõtlemisviisiks (LTMV)**.

Teadusliku mõtlemise korral on LTMV aga tingimata tarvilik. Kvalitatiivse faasi olulisust füüsikaõppes on rõhutanud ka mitmed tunnustatud füüsikadidaktikud nagu näiteks USA professor A. Arons ja Soome professor K. Kurki-Suonio.

Aronsi üks teese on "Enne mõiste, siis termin!" Äraseletatult tähendab see, et uute mõistete sissetoomist ei tohi alustada definitsioonist. Algul tuleb katsete, näidete ja rakendustega luua uuest mõistest ettekujutus ning lõpetada käsitlus mõiste ja seda kirjeldavate ühikute defineerimisega.

Kurki – Suoniole kuulub lause: "Kes ei oska füüsikat õpetada ilma valemiteta, ei oska üldse füüsikat õpetada!" See ei tähenda valemite eitamist, kuid rõhutab seoste olemusliku mõistmise eelistamist formaalsetele matemaatilistele avaldistele.

Meie oma kursuses tutvumegi LTMV-ga ja selle kasutamiseega loodusnähtuste seletamisel. Ja seda tuleb teha õpilastele arusaadavalt, sest üha tugevamat konkurentsi pakuvad loodusteadustele **parateadused**, mida kaubanduslikel kaalutlustel propageerib massikommunikatsioon (astroloogianurgad päevalehtedes, horoskoopide ettelugemine raadios ja televisioonis, selgeltnägijate tuleproovid televisioonis, umeravitsejad jms.). Irratsionaalsed¹ õpetused kasutavad loodusteaduslikke mõisteid (näiteks *energia* või *väli*) ja teevad seda palju emotsionaalsemalt kui loodusteadused. Samade mõistete ratsionaalne käsitlemine jääb seetõttu paljudele õpilastele kuivaks ja eluvõõraks. Sellepärast peabki ka loodusaineid koolis õpetama emotsionaalselt. Õppimine ei tohi olla nüri ja raske töö, vaid lõbus ja huvitav töö!

NB! Osa teksti on esitatud sinises kirjas. See on täiendav materjal, mille omandatust eksamil ei kontrollita.

1. Füüsika kui loodusteadus

1.1. Loodus

Mis on loodus? Sellele küsimusele võib vastata mitmeti. Laiemas mõttes on loodus kogu materiaalne maailm, kogu Universum. Kitsamas mõttes selle inimtegevusest sõltumatu osa. Teaduses kasutatakse tavaliselt loodust laiemas mõttes. Võib öelda, et **loodus on objektiivne reaalsus, mis eksisteerib väljaspool teadvust ja sellest sõltumatult**. Mis on aga *objektiivne reaalsus*? See on sama, mis materia, ehk lihtsalt öeldud: kõik, mis on olemas.

Teadvus ei kuulu loodusesse, aga **inimene?** Inimene kui bioloogiline objekt kuulub, samuti ka tehiskeskkond, mille inimene on oma tegevusega tekitanud: ehitised, rajatised (kaevandus, kanal, raudtee), tehismaterjalid, keemilised tehiselemendid, kosmoseaparaadid, arvutid, jne. Kuid muu inimtegevusega seotu, nagu poliitika, kunst, sõjandus, religioon, psüühika, sotsiaalsed protsessid, jne. ei kuulu loodusesse. Samuti pole loodus ka kõik sõnad, mõisted, füüsikalised suurused jne.

Millest loodus koosneb? Nagu eespool öeldud on loodus sama, mis mateeriagi. Materia põhivormid on aga **aine** ja **väli**. Aine on see, millest kõik kehad koosnevad. Väli on see, mille abil üks keha teist mõjutab. Kuna mõju saab avalduda ainult kahe või rohkema keha korral, siis kasutataksegi mõistet **vastastikmõju**. Materia põhiomaduseks on liikumine ehk muutumine. Siia kuulub mehaaniline liikumine

¹ *Rationalis* – ld keeles *mõistuslik*, irratsionaalne – mõistusega mittehaaratav

(asukoha muutus ruumis ja ajas), aga ka keemilised reaktsioonid, rakkude teke ja surm, elusorganismide evolutsioon, jne.

Kuidas loodus toimib? Loodus toimib vastavalt **loodusseadustele**, mis kehtivad alati ja igal pool. Loodusseadusi uurivad **loodusteadused** : füüsika, keemia, bioloogia, geograafia (geoloogia) ja nende kombinatsioonid, näiteks biofüüsika, geokeemia, jne.

Kuidas saadakse teada loodusseadusi ? Selleks kasutab iga loodusteadus talle omaseid uurimismeetodeid, kuid kõik need taanduvad ühele meetodile – **teaduse meetodile**, mille aluseks on katse.

Tuleme veelkord tagasi inimese juurde. Mille poolest erineb elus inimene surnud inimesest? Surnud inimesel ei toimu ainevahetust. Aga suremise kohta öeldakse ka, et "hing läks välja". Järelkult on **hing** seotud ainevahetusega ja energia muundamisega ühest liigist teise. Hing on olemas kõigil elusolendil, aga teadvust ei ole. **Teadvus** on inimese võime ehitada oma tegevus üles reaalsel tegu ennetavalt, ideaalses vormis. See on eesmärgipärane, tegevust kavandav, kogemust üldistav ning põhjus–tagajärje seost ennetavalt arvesse võttev tegevus.

Hinge ja teadvusega füüsika ei tegele, see on psühholoogide ja filosoofide rida.

1.2. Füüsika

Mis on füüsika? Definiitsioone on mitmeid, kuid meie lähtume sellest, mis on kirjas Eesti koolifüüsika kontseptsioonis: **füüsika on loodusteadus, mis täppisteaduslike meetoditega uurib materia põhivormide liikumist ja vastastikmõjusid.**

Nagu öeldud, on materia põhivormideks aine ja väli. Millised on aga mittepõhivormid? Nendeks on kõik konkreetset kehad või väljad: inimene, kivi, elektriväli, jne.

Vastastikmõju on see põhjus, mis paneb kehad liikuma. Vastastikmõju liike on tänaseks teada neli. Need on :

1. gravitatsiooniline (kõik kehad);
2. elektromagnetiline (laetud kehad);
3. tugev (prootonid ja neutronid);
4. nõrk (kõik elementaarosakesed).

Kõik reaalsed protsessid on tingitud neist neljast vastastikmõjust .

Füüsika eesmärgiks on välja selgitada looduseeadusi ja tõlkida need inimesele arusaadavasse keelde nn. **füüsika keele** abil. Füüsika keel on spetsiifiline keel, mis tugineb tavakeelele, kuid millele on omased järgmised tunnused:

- Kaotab sõnade mitmetähenduslikkuse. Näiteks füüsikas tähendab sõna *laeng* elektrilaengut, aga tavakeeles on veel teisi leanguid nagu lõhkelaeng või emotsionaalne laeng .
- Võimaldab lühemalt üles kirjutada füüsikas kasutatavaid lauseid, kasutades selleks erinevaid sümboloid. Näiteks lause *Nõguslätse fookuskaugus on 25 cm* asemel $f = -25\text{ cm}$.
- Võimaldab kajastada objektide või mõistete vahelisi suhteid. Näiteks näidata, kuidas on omavahel seotud voolutugevus, pingeline ja takistus: $I = U/R$.
- Võimaldab pidada sidet eri rahvusest ja eri põlvkondade füüsikuil.

Füüsika kasutab loodusnähtuste seletamisel alati **mudeleid** - ligilähedasi koopiaid originaalist, kus on säilitatud kõik olulised tunnused ja ebaolulised kõrvale jäetud. Mida lugeda oluliseks tunnuseks? Seda, mis on omane kõigile samasse liiki kuuluvatele nähtustele või objektidele.

Mudelid lubavad füüsikas kasutada ühtesid ja samu seadusi väga erinevate konkreetsete olukordade uurimisel.

Põhjusti, miks tuleb kasutada mudeleid, on veel mitu:

- originaal võib olla vahetule uurimisele kättesaamatu (näit. Päikese sisemus);
- protsessid võivad kulgeda liiga aeglaselt või liiga kiiresti (näit. Universumi areng, elementaarosakeste reaktsioonid);
- originaali uurimine on liiga kallisk või ohtlik (näit. tuumaplahvatus);
- originaali ei ole enam olemas (näit. Suur Pauk).

Kuidas suhtuda väitesse, et looduses toimub kõik füüsika seaduste järgi? See väide on vale. Looduses toimub kõik **loodusseaduste** järgi. Füüsika püüab neid seadusi avastada ja kirjeldada. Füüsika ei suuda kunagi kindlalt väita, milline loodus on, küll aga suudab ta kindlalt öelda, milline loodus ei ole.

Näide

Kui paberist rebida ruut, siis lähemal uurimisel selgub, et selle nurgad pole täpselt 90°, küljed pole päris sirged, jne. Seega võib vaielda, kas see on ruut või mitte. Aga seda võib kindlasti väita, et see ring ei ole. Nii on ka füüsikaga: see ei suuda öelda täpselt, milline loodus on, aga suudab täpselt öelda, milline see ei ole.

Tihti küsitakse: Miks taevas on sinine? Miks kehad kukuvad maha? Miks pole negatiivse massiga kehi? jne.

Kuidas sellistele küsimustele vastata? Kui tahta anda lõplikku, ammendavat vastust, peaksime laskuma müstikasse ja fantaseerima. **Füüsikateadus ei anna seletusi, see kirjeldab.** Füüsika kirjeldab mingi postuleeritud mudeli raamides, kuidas loodus töötab. Mudeli kehtivust kontrollitakse katsetega ja seda täiendatakse seni, kuni **mõõtmisvigade piires** lähevad mudelist tulenevad ennustused kokku katsetulemustega. See lubab välistada kõik väärtõlgendused, aga ei luba jõuda absoluutse tõeni. Ikka jääb midagi saladuseks.

Informatsiooni ümbritsevast saame oma **meeleorganite** abil. Kui neid ärritada, tekib **aisting:** nägemine, kuulmine, kompimine, maitsmine või haistmine. Aisting on **tegevus:** me näeme, et mingi valgus on punane, kuuleme, et hääl on vali jne. Aistingute korral ei anta neile sisu. Nii tegutseb näiteks imik. Normaalsel inimesel esinevad aistingud komplekselt ja neid analüüsitakse. Sel juhul räägitakse **tajumisest.** Tajumine tugineb suuresti eelnevatele teadmistele, kogemustele, ootustele.

Tajude sisu võib esineda ka ilma meeleorganeid ärritamata. Sel juhul räägitakse **kujutlusest.** Ei saa kujutleda seda, mida ei tea või pole varem kogetud. Seda tuleb arvestada õpetamisel, sest ei saa nõuda õpilaselt millegi sellise ettekujutamist, mille olemust ta pole endale teadvustanud.

Samuti tuleb arvestada võimalusega, et õpilane on tajunud mingit nähtust teisiti kui õpetaja. Selliseks näiteks võib olla kasvõi **optiline illusioon.**

Füüsikas ei saa ega tohi uskuda oma tajusid ja need tuleb asendada mõõtmistega. Mõõtmiseks kasutatakse mõõteriistu, mis avardavad meie meeleorganite võimeid.

1.3. Teaduse meetod

Mis on teadus? Ei ole olemas lühikest ja selget teaduse definitsiooni. Öeldakse, et **teadus** on uute oluliste teadmiste saamine ja rakendamine ning juba olemasolevate teadmiste töötlemine, kasutamine ja säilitamine. Öeldakse ka, et teadus on ühiskondliku teadmise vorm, ajalooliselt kujunenud korrastatud teadmiste süsteem,

mille tõesust kontrollitakse ja täpsustatakse pidevalt. Aga võib ka nii öelda, et teadus on tundmatute nähtuste seletamine tuntute kaudu.

Palju oleneb sellest, millisest teadusest käib jutt. Meie piirdume edaspidi loodusteadustega (ingl. keeles *science*) jättes kõrvale humanitaarteadused (ingl. keeles *arts*).

Mida tähendab **meetod**? See on eesmärgi saavutamise viis, teatud viisil korrastatud tegevus. Igal tegevusel on põhjus, ajend. Füüsikas on selleks vajadus mõne suuruse mõõtmiseks, seose leidmiseks, nähtuse uurimiseks või millekski muuks, mida nimetame **probleemiks**. Probleemi lahendamiseks tuleb looduselt vastust "küsida". Selleks, et looduselt talle arusaadavalt küsida, peame talle pakkuma võimalust vastata EI või JAA. See tähendab et tuleb esitada omapoolne vastusevariant, mille siis loodus heaks kiidab või maha laidab. Öeldakse, et tuleb püstitada **hüpotees**. See on varasematele teadmistele tuginev oletus probleemi lahendamiseks. Järgneb **hüpoteesi kontroll**. Kas vaatlus, katse, mõtteline katse, loogiline arutus, arvutus vms. Sellele järgneb **järeldus**, kas hüpotees oli õige või mitte. **Korduvalt kinnitust leidnud hüpoteese nimetatakse seadusteks**. Seadused moodustavad süsteeme - teooriaid, siit tulenevad uued probleemid ja kõik kordub. Konkreetne, üks inimene puutub tavaliselt kokku aga ikka **probleemi, hüpoteesi, selle kontrolli ja järeldusega**. Seda tegevuste ahelat nimetataksegi **teaduse üldiseks meetodiks**.

Kas selline tegutsemine on omane ainult teadusele? Ei ole. Näiteks jääb teil auto sõidu ajal seisma, siis püstitate kohe hüpoteesi, miks nii juhtus. Esimene mõte võib olla, et ehk sai bensiin otsa. Sellele järgneb kontroll ja siis järeldus selle kohta, kas hüpotees oli õige või mitte. Kui ei olnud õige oletus, püstitatakse uus hüpotees, näiteks bensiinipump ei tööta, vms. Ja otsitakse põhjust edasi.

Teaduse meetodis on järelduste tegemiseks kaks võimalust: üksikult nähtuselt üldisema suunas (**induktsioon**) ja üldisemalt nähtuselt üksiku suunas (**deduktsioon**). Võib ka öelda, et induktiivse lähenemise korral lähtutakse eksperimendi tulemustest ja jõutakse teooriasse ning deduktiivse lähenemise korral lähtutakse teoriast ja jõutakse uute eksperimendideni, mis peavad kontrollima teooria õigsust.

Füüsika õpetamisel põhikoolis kasutatakse induktiivset lähenemist, sest lastel puudub vajalik teadmiste pagas, et midagi teoriast tuletama hakata. Kõik tuleb esmalt nõ. puust ette teha ja jõuda alles siis mingite üldistusteni. Deduktiivset lähenemist võib tasapisi hakata kasutama alles gümnaasiumis, aga sealgi mitte eriti tihti.

Teaduse meetodit tavaõppes otseselt ei kasutata. Küll tehakse seda **avastusõppe** korral. Tavaõppes kasutatakse peamiselt **seletamist** ja **tõestamist**.

SELETAMINE

Mis on **seletamine**? Seletamine on vastuse leidmine küsimusele **MIKS?** teaduse seaduste abil, kusjuures ei otsita vastust lõpp-põhjusele. Täpsemalt öelduna on **seletamine mingist konkreetsest nähtusest oluliste tunnuste eristamine ja nende viimine üldisemate seoste või seaduste alla**.

Seletamised jagunevad mitmeks tüübiks: seletamine *üldise kaudu* (analoogia, mudel), seletus *seaduse kaudu*, seletus *põhjuslikkuse kaudu*. Seletuse esimene etapp on alati kirjeldus: nähtuse või eksperimendi tulemuste esitamine teaduse keeles (füüsika keeles).

Seletamise viise võib jaotada **teaduslikeks ja mütoloogilisteks**. Teadusliku seletamise korral kasutatakse teaduse meetodit või selle elemente ja seletus koosneb kirjeldavast ning seletavast osast. Viimane koosneb teaduse faktidest, mõistetest ja seadustest ning juhustest nende kasutamiseks konkreetse olukorra puhul.

Mütoloogiline seletus tugineb usunditele, pärimustele, religioonile.

Näide.

Äikese seletamine. Olulised tunnused on välk ja müristamine.

a) Äikese mütoloogiline seletamine: Kõu või Pikker kihutab oma tõllaga mööda pilvi, millest tekib müristamine. Samuti pillub ta välgunooli Vanapagana pihta, kes on jälle miskit pahandust teinud.

b) Äikese teaduslik seletamine: pilv ja maa on elektriliselt laetud erinimeliste laengutega ja see tekitab elektrivoolu pilve ja maa vahel. Vooluga kaasneb kõrge temperatuur, valgus (välk) ja kuumenenud õhu kiire paisumine. See tekib heli, mis peegeldub maapinnalt ja pilvedelt ning tekib müristamine.

TÕESTAMINE

Tõestamine on otsustuse kindlakstegemine teiste otsustuste kaudu, millised on kas ise **silmanähtavad tõed** või varem tõestatud (E. Grauberg²).

Võib ka öelda, et tõestamine on põhjendatud usu ehk veendumuse tekitamine (HV).

Tõestamiseks on mitmeid võimalusi:

- vaatlus (looduslik nähtus);
- demonstratsioon (kunstlikult tekitatud nähtus);
- katse (kunstlikult tekitatud nähtus koos mõõtmisega);
- arvutus (tuginedes katseandmetele ja seadustele);
- analoogia (nähtuse võrdlemine sarnase, kuid tuntud nähtusega);
- loogiline arutelu (veendumus tekitatakse loogika seadustele tuginedes).

Tõestus koosneb kolmest osast: tõestatav väide ehk tees;
tõestuse alused ehk argumendid;
tõestuse vorm ehk viis (argumentide seos teesiga).

Nendele osadele esitatakse järgmised nõuded.

Tees peab tõestuse käigus jääma muutumatuks.

Argumendid peavad olema:

- tõesed;
- vasturääkivusteta;
- piisavad;
- sõltumatud teesist.

Argumentideks on:

- faktid (teatmaterjal, katsetulemused, käskkirjad, sõrmejalg, allkiri jne.);
- definitsioonid;
- aksioomid - postulaadid (mida ei tõestata);
- teaduste seadused ja teoreemid.

Tõestamisel tuleb kinni pidada järgmistest nõuetest:

- peab näitama, et tõestatav tees tuleneb kindlatest argumentidest;
- vajadusel tuleb näidata, et argumendid on tõesed.

Tõestuse lükkab ümber kasvõi üks vastuargument!

Tõestused jagunevad **otsesteks ja kaudseteks**. Otseste tõestuse korral tuleneb teesi õigsus otseselt argumentidest, kaudse tõestuse korral näidatakse teesi tõesust antiteesi väärsuse alusel (välistatud kolmanda seaduse järgi - kui tees on tõene, siis antitees peab olema väär, kolmandat varianti ei ole).

Näide otsestest tõestusest

TEES: Kui lund sajab, on atmosfääris kusagil temperatuur alla 0° C.

² E. Grauberg. Loogikas. Keel ja mõtlemine. Tallinn, TBEK, 1996.

ARGUMENDID: 1. Lumi on külmunud veeaur.

2. Vesi külmub siis, kui temperatuur on alla 0°C .

3. Atmosfääris on alati veeauru.

TÕESTUS: Kui atmosfääris on kusagil temperatuur alla 0°C , siis veeaur, mida on igal pool atmosfääris, külmub. Selle tulemusena tekib lumi.

Näide kaudsest tõestusest

TEES: Temperatuur ei ole aditiivne füüsikaline suurus

ARGUMENDID:

1. Aditiivse suuruse korral $a + a = 2a$

2. Mittheaditiivse suuruse korral $a + a = a$;(st. $t_1 + t_1 \neq 2 t_1$, kuigi näiteks $m_1 + m_1 = 2m_1$)

3. Veel (H_2O) on kindlad püsipunktid

VASTUVÄITELINE TÕESTUS:

Antitees: Temperatuur on aditiivne suurus.

Sel juhul peaks kahe klaasi toasooja vee kokkuvalamisel vesi kohe keema hakkama, sest $300\text{ K} + 300\text{ K} = 600\text{ K}$. Või vastupidi, kui klaasist pool vett ära võtta, külmub vesi silmapilkselt : $300\text{ K} - 300\text{ K} = 0\text{ K}$.

Kuna nii ei juhtu, ei ole temperatuur aditiivne suurus.

Küsimused

1. Kas inimene kuulub loodusesse?

2. Mille poolest materia mittepõhivormid erinevad materia põhivormidest?

3. Nimetage füüsika keele peamisi erinevusi tavakeelest.

4. Mille poolest erineb deduktiivne järeldus induktiivsest?

5. Mille poolest erineb teaduslik seletus mütoloogilisest?

Raudvara

Loodus on reaalsus, mis eksisteerib väljaspool meie teadvust ja sellest sõltumatult.

Loodus on sama, mis mateeriagi.

Materia põhivormid on aine ja väli.

Füüsika on loodusteadus, mis täppisteaduslike meetoditega uurib materia põhivormide liikumist ja vastastikmõjusid.

Vastastikmõju liike on neli: gravitatsiooniline, elektromagnetiline, tugev ja nõrk.

Füüsika eesmärgiks on välja selgitada looduseadusi ja teha need inimesele arusaadavaks füüsika keele abil.

Teaduse meetod on kindel viis probleemi lahendamiseks ja selle põhietapid on: probleemi sõnastamine, hüpoteesi püstitamine, hüpoteesi tõesuse kontrollimine ja järelduste tegemine.

Hüpotees on varasematele teadmistele tuginev oletus probleemi lahendamiseks.

Seletamine on vastuse leidmine küsimusele: miks?

Tõestamine on põhjendatud usu ehk veendumuse tekitamine.

2. Universumiõpetus

Meie elame planeedil Maa. Kõike, mis asub väljaspool Maa atmosfääri, nimetatakse **maailmaruumiks** ehk **universumiks** ehk **kosmoseks**. Tavaliselt kasutatakse lihtsamaid sõnu: maa ja taevas. Maaga on asi selge, selle peal me elame ning liigume.

Aga taeva korral ei tehta tavaliselt vahet, kas miski asub meie kohal paarisaja meetri kõrgusel (pilv) või paarisaja kilomeetri kaugusel (kosmosejaam) või paarisaja valgusaasta kaugusel (täht). Kõigi kohta öeldakse, et need asuvad taevas. Alustame universumiga tutvumist Maast ehk Maakerast.

Maa on tahke planeet, mis asub Päikesesüsteemis, st tiirleb ümber Päikese. Ta on ümarik ja pöörleb ümber oma kujuteldava telje. Ühe täisringi ümber oma telje teeb Maa ühe ööpäevaga, ühe täisringi ümber Päikese aga ühe aasta jooksul.

Kõike seda oleme kuulnud juba lapsest saadik. Aga kas me oskame vastata järgmistele küsimustele?

- 1) Mis on planeet?
- 2) Kuidas me teame, et Maa on ümmargune?
- 3) Kuidas tõestada, et Maa tiirleb ümber Päikese, kui me ise näeme, et Päike liigub taevas Maa kohal?
- 4) Kuidas ma tean, et hommikul tõusev Päike on see sama, mis õhtul looja läks?
- 5) Miks me usume, et Maakera pöörleb?
- 6) Miks need inimesed, kes Maakera teisel poolel elavad, Maa pealt alla ei kuku?

Selliseid küsimusi võiks kindlasti veel esitada, aga ehk esialgu aitab.

Püüame leida neilegi **vastused**.

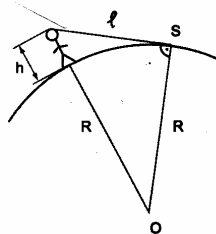
1) **Planeet** on defineeritud kui ümmargune taevakeha, mis tiirleb ümber mingi tähe ja ise valgust ei kiirga. Planeedid koosnevad ainest kõigis agregaatolekutes: tahkes, vedelas ja gaasilises. Täheks, mille ümber meie koduplaneet tiirleb on Päike.

Tiirlemine on liikumine ümber millegi kinnist teed pidi. Näiteks nööri otsas olev mudellennuk tiirleb ümber lennujuhi või vasar tiirleb hoovõtul ümber vasaraheitja. Sageli on tiirlemine korrapärane, see tähendab, et iga tiir tehakse ühesuguse aja jooksul.

2) **Maa on ümmargune.** Vanasti arvati, et Maa on tasane. Selle peale, et Maa ei ole tasane, tulid inimesed juba mitme tuhande aasta eest. Üheks tõestuseks on laeva ilmumine või kadumine silmapiiri taha. Ja kohe ongi uus küsimus: mis on silmapiir?

Silmapiir ehk **horisont** on näiline piir lagedal kohal, kus taevas ja maa paistavad kokku puutuvat. Silmapiiri kaugus on erinevatel inimestel erinev ja oleneb inimese pikkusest: pikemate jaoks on silmapiir kaugemal (vt joonis 2.1.). Täiskasvanud inimesel on silmapiir umbes 5 km kaugusel.

Silmapiiri kaugust on võimalik välja arvutada. Selleks kasutame joonise abi.



Joonis 2.1. Silmapiir. S – silmapiir, R – Maa raadius, l – silmapiiri kaugus vaatlejast, h – vaatleja silmade kõrgus maapinnast.

Pythagorese teoreemist saame:

$$R^2 + l^2 = (R + h)^2 \text{ ja siit } l = \sqrt{(R + h)^2 - R^2}.$$

Kui sellesse valemisse sisse panna arvud, siis saab leida silmapiiri kauguse.

Praeguseks on otsesed vaatlused kosmosest ja Kuult ümberlökkamatult tõestanud Maa kerakujulisuse. Maa on kera, mille ümbermõõt on umbes 40 tuhat kilomeetrit ja läbimõõt 12 800 km.

Maa ümber tiirleb Kuu, mis teeb ühe tiiru ümber Maa 28 ööpäevaga.

3) **Maa tiirleb ümber Päikese.** Maa tiirlemist ümber Päikese pole lihtne tõestada. Seda saab teha täpsete astronoomiliste vaatluste abil.

4) **Taevas on kogu aeg üks ja sama Päike.** Palja silma järgi pole võimalik öelda, kas igal päeval on taevas üks ja sama Päike. Selleks tuleb teda vaadelda läbi erilise riista, mis ei lase tugeval valgusel silmi pimestada. Siis on näha Päikesel plekke, mis on iga päev ühesugused. Tõsi, pikema aja jooksul muutuvad ka plekid. **Ettevaatust!** Palja silmaga ei tohi Päikesesse vaadata. Veel ohtlikum on seda teha läbi pikksilma. Nii on pimedaksjäämine kindel.

5) **Maa pöörleb ümber oma telje.** Lisaks sellele, et Maa tiirleb ümber Päikese, ta ka **pöörleb** ümber oma telje. Pöörleb ka näiteks jalgratta ratas ümber võlli, mis ongi pöörlemisteljeks. Ka vurr pöörleb, aga temal telge pole. See on mõeldav joon, mille ümber kõik vurri osad liiguvad. Samuti pöörleb Maa ümber mõeldava telje, milleks on joon, mis ühendab põhja- ja lõunapooluseid.

Maakera pöörlemist saab näidata Foucault' pendli abil.

Katse aluseks on pendli omadus säilitada oma võnketasandit. Pendli liikumistasandi säilimise põhjuseks on kehade inerts: iga keha püüab säilitada oma liikumissuhti.

Keha saab kõrvale kallutada oma teest ainult mingi külgsuunalise jõu toimele.

Peamised jõud, mis mõjuvad pendli pommile on raskujõud ja kinnitustraadi tõmme.

Raskusjõud on suunatud alla, Maa keskpunkti poole, traadi tõmme üles, kinnituskoha poole. Seega kumbki neist ei sunni pendlit kalduma oma liikumisteest kõrvale. Sellise pendlikatse mõtles 1848.a. välja prantsuse füüsik J.B.L. Foucault

Kujutleme, et pendel on pandud võnkuma maa põhjapoolusel. Pendel säilitab oma võnketasandi, aga Maa pöörleb nagu ikka vastupäeva. Selle tulemusena näib Maal asuvale vaatlejale, et pendli võnketasand nihkub päripäeva, sest Maa pöörleb pendli all. Kuna Maa teeb täispöörde 24 tunniga, siis pöörleb pendli võnkesiht igas tunnis $360^\circ : 24 = 15^\circ$ ja ööpäeva pärast on taastunud algolek. Seevastu ekvaatoril ei pöördu maapind pendli võnketasandi suhtes üldse.

Üldiselt pöörleb pendli võnkesiht laiuskraadil φ ühe tunniga nurga α võrra, kusjuures

$$\alpha = 15^\circ \sin \varphi .$$

Pendel töötab seda paremini, mida pikem on pendli käik (suurem võnkeamplituud), sest siis suureneb pöördenurgale vastav nihe piki ringjoont. Pikema pendli käigu saamiseks peab pendel ise olema võimalikult pikk. Samuti saab paremaid tulemusi raskema pendliga, sest siis segavad pendli liikumist vähem võimalikud õhuliikumised ja pendli kinnitustraadis tekkida võivad võnkumised.

6) **Alla kukkumine tähendab langemist Maa keskpunkti poole.** Maa teisel poolel olevad inimesed kukuvad ikka Maa poole. See ongi "alla kukkumine". Põhjus on selles, et Maa tõmbab kõiki tema läheduses olevaid kehasid enda poole.

Kuid avakosmoses, kaugel planeetidest ja tähtedest pole mingit eelissuunda ehk mingit "alla" ega "üles" suunda.

Kui me vaatame taevasse, siis kõige eredam objekt on seal **Päike**. Maa asub Päikesest 150 miljoni kilomeetri kaugusel ($1,5 \cdot 10^8$ km). See on nii suur kaugus, et isegi valgusel kulub Päikeselt Maale jõudmiseks umbes 8 minutit.

Kuidas on teada saadud Maa kaugus Päikesest? Kunagi on see välja arvatud Maa tiirlemisperioodi järgi, kasutades astronoomias tuntud Kepleri seadusi. Tänapäeval saab seda kaugust määrata ka otseselt, kosmoselaevadelt. Päike on hiigelsuur, tema läbimõõt on üle saja korra suurem kui Maa läbimõõt. Päike on **täht**, hõõgav gaasikera, mille pinnatemperatuur on 5800 kraadi. Päikese sisemuses on temperatuur veel kõrgem.

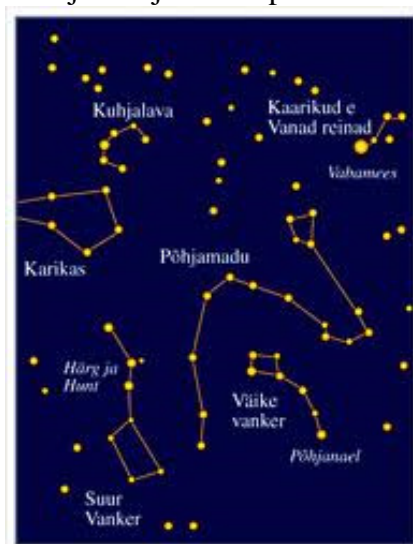
Taevast on ka **Kuu**, mis on Maa kaaslane ja tiirleb ümber Maa. Kuu on ümmargune ja tahke taevakeha, mille tiirlemise ja pöörlemise perioodid on võrdsed (28 ööpäeva). Sellepärast on Kuu kogu aeg pööratud Maa poole ühe ja sama küljega. Kuu kaugus Maast on umbes 400 000 km ja tema läbimõõt on 4 korda väiksem kui Maa oma. Kuu ise ei ole valgusallikas, vaid peegeldab talle langevat päikesevalgust. Kuu on ainus taevakeha, kus inimesed on käinud. Esmakordselt käisid seal ameeriklased 1969.a.

***Küsimus** Kuidas tõestada, et Kuu pole valgusallikas?*

Muud taevakehad paistavad meile taevast “tähtedena”, kuigi kõik need pole tähed. Tähed on sellised taevakehad nagu Päikegi ja kiirgavad valgust. Lisaks neile on taevast ka planeedid, mis peegeldavad tähtede valgust ja palja silmaga on võimatu neid tähtedest eristada.

Päike koos tema ümber tiirlevate planeetidega moodustab **Päikesesüsteemi** kuhu kuulub 8 planeeti. Päikese poolt lugema hakates on nad sellises järjekorras: Merkuur, Veenus, Maa, Marss, Jupiter, Saturn, Uraan, Neptuun. Päikesesüsteemis on ka pisiplaneete ehk asteroide, komeete ehk sabatähti ja meteoriite ehk “langevaid tähti”.

Inimene on juba ammu märganud, et tähed taevast moodustavad mitmesuguseid kujundeid, mida kutsustaks **tähtkujudeks**. Tuntuimad nendest on Väike vanker ja Suur Vanker. Väikese Vankri koosseisu kuulub ka üks heledamaid tähti põhjapoolkera taevast – **Põhjanael**. Selle tähe järgi on võimalik kindlaks teha ilmakaari, sest ta asub alati põhjanaba kohal. See tähendab, et kui oled põhjanabal ja vaatad otse üles, siis on Põhjanael just sinu pea kohal.



Joonis 2.2.1. Mõningaid tähtkujusid põhjapoolkera taevas.

Pimedatel sügisöödel on taevas näha heledat korrapäratute servadega riba, mis koosneb väga paljudest pisikest tähtedest. See on nn **Linnutee**. Vanasti arvati, et see juhatab lindudele teed lõunasse. Tegelikult on see üks suur tähtede ja tähtkujude parv, mida nimetatakse **galaktikaks**. Ka meie koduplaneet kuulub Linnutee galaktikasse, kuhu kuulub umbes sada miljardit tähte.

Maailmaruumis on kindlasti galaktikaid rohkem kui sada miljardit (10^{11}).

Küsimused

1. *Miks tähti päeval näha pole?*
2. *Kuidas leida taevast Põhjajanaela?*
3. *Kus asub Päike, kui me näeme taevas täiskuud?*
4. *Kuidas tekib päikesevarjutus?*
5. *Kuidas tekib kuuvarjutus?*
6. *Kuul puudub atmosfäär. Miks?*
7. *Kuidas on tähtkuju moodustavad tähed omavahel seotud?*

Raudvara

Kõike, mis asub väljaspool Maa atmosfääri nimetatakse maailmaruumiks ehk universumiks ehk kosmoseks.

Maa on ümmargune planeet, mis pöörleb ümber oma telje ja tiirleb ümber Päikese. Maa teeb ühe täispöörde ümber oma telje 24 tunniga ja ühe tiiru ümber Päikese 1 aastaga.

Silmapiir ehk horisont on näiline piir lagedal kohal, kus taevas ja maa paistavad kokku puutuvat.

Päike on täht, mis on ülikuum ja valgust kiirgav väga suur gaasikera.

Kuu on Maa ümber tiirlev taevakeha, millelt peegeldub päikesevalgus.

Kuu tiirlemise ja pöörlemise perioodid on võrdsed 28 ööpäevaga.

Päike koos tema ümber tiirlevate planeetidega moodustab Päikesesüsteemi, kuhu kuulub veel teisigi, väiksemaid taevakehi.

Tähtkuju on taevatähtedest moodustunud kujund.

Galaktikaks nimetatakse suurt tähtede ja tähtkujude parve.

Päikesesüsteem asub galaktikas, mille nimi on Linnutee.

3. Liikumine ja selle energia

3.1. Liikumine

Liikumist näeme igal pool. Auto sõidab tänaval, lind lendab õues, sportlane jookseb staadionil, vesi voolab rentslis.

Kuidas me aru saame, et keha liigub? Selle järgi, et alguses on keha ühes kohas, natukese aja pärast teises kohas. Füüsikas öeldakse, et **liikumine on keha asukoha muutumine**.

Iga liikumine toimub mingit teed mööda. Seda liikumisteed nimetatakse füüsikas **trajektooriks**. Kui ma liigun tühjas koridoris selle ühest otsast teise, siis ma saan otse minna. Sellisel juhul on trajektoor sirge. Kui ma lähen koolist koju, siis ma ei saa

kogu aeg otse minna. Sellisel juhul ei ole trajektoor sirge. Mõnedel juhtudel on keha trajektoor hästi nähtav. Näiteks suusajäljed värskel lumel või kriidi joon tahvlil.

*** *Tooge näiteid trajektooridest. Kas need on sirged või ei?*

Kas võib ka nii juhtuda, et kehad liiguvad, aga nagu ei liigu ka? Keeruline küsimus. Aga kujutame ette, et jalutame sõbraga. Kas me liigume? Jah! Aga samal ajal on mul temaga juttu ajada sama hea kui paigal seistes. Võin talle ka kommi pakkuda ja ta saab selle rahulikult kätte. Katsu sa aga autoga mööda sõitvale sõbrale kommi pakkuda! Ei tule midagi välja.

Jalutamisel me seisame sõbraga teineteise suhtes paigal, aga liigume Maa suhtes. Sellepärast öeldaksegi, et **liikumine on suhteline**.

*** *Tooge näiteid liikumise suhtelisusest.*

Aga miks me ikka sõbra suhtes ei liikunud? Sellepärast, et me liikusime koos, ühesuguse kiirusega.

Mis on kiirus? **Kiirus** näitab, kui ruttu mingi vahemaa läbitakse. Mina läbin 100 m 15 sekundiga, aga Usain Bolt 9,58 sekundiga. Kes jookseb kiiremini? Kindlasti Usain Bolt. Mina kõnnin kahe tunniga 8 km edasi, aga auto läbib kahe tunniga 160 km. Kumb liikus kiiremini? Kindlasti auto.

Aga kuidas teada saada, kui kiiresti keha liigub? Selleks peame teadma, kui pika vahemaa keha läbis ja kui kaua kulus selleks aega. Läbitud vahemaad mõõdetakse trajektoori pikkuse järgi ja nimetatakse **teepikkuseks**. Teepikkust tähistatakse füüsikas tähega l või s . Aega mõõdetakse liikumise algusest liikumise lõpuni. Aega tähistatakse tähega t . Kiiruse arvutamiseks jagatakse teepikkus selleks kulunud ajaga. Nüüd oskame leida auto kiirust: $160 \text{ km} / 2 \text{ h} = 80 \text{ km/h}$. **Pane tähele, et füüsikas jagatakse arvud omavahel ja ühikud omavahel.**

Kiiruse tähis on v ja seda arvutatakse valemist: $v = s/t$.

Kiiruse põhiühikuks on 1 m/s. Kasutatakse ka teisi ühikuid, peamiselt 1 km/h (kilomeetrit tunnis).

Seosed kiirusühikute vahel

Kiirusühik	m/s	km/h
m/s	1	3,6
km/h	1/3,6	1

Kujutame ette, et sõidame bussiga Tartust Tallinna. Teepikkus on 180 km ja sõidu aeg kaks ja pool tundi. Kui suur oli bussi kiirus? Arvutame välja: $v = 180 \text{ km} / 2,5 \text{ h} = 72 \text{ km/h}$. Aga kas buss sõitis kogu aeg kiirusega 72 km/h? Ei sõitnud! Kus oli hea tee, seal sõitis kiiremini, näiteks 90 km/h. Seal, kus oli tee remont, sõitis aeglasemalt, 30 km/h. Ühes kohas jäi buss isegi seisma. Kui suur bussi kiirus just parajasti on, seda näitab mõõteriist, mida kutsutakse **spidomeetriks**.

Aga seda kiirust, mida meie arvutasime, nimetatakse **keskmiseks kiiruseks**.

Keskmine kiirus näitab, kui kaugele keha ajaühiku jooksul jõuab. Ajaühikuks on tavaliselt kas 1 sekund või 1 tund. Meie buss jõudis ühe tunniga edasi 72 km.

Kui on teada keskmine kiirus ja liikumise aeg, saame arvutada läbitud tee pikkuse:

$$s = vt. \text{ Kui on teada teepikkus ja kiirus, saame arvutada liikumise aja: } t = s/v.$$

Tegelikult võib olla liikumise kiirus igal hetkel erinev. Sellist kiirust, mida keha omab antud hetkel või antud trajektoori punktis, nimetatakse **hetkkiiruseks**.

Selle definitsioon on keeruline ja ei alg- ega põhikoolis seda ei anta: $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$.

Ühtlase kiirusega liikumisel, kui pole seisakuid, pole ka vahet keskmisel- ja hetkkiirusel.

Aga kui liikumine pole ühtlane, st et ühesuguste ajavahemike jooksul läbitakse erinevad teepikkused, on tegemist muutuva liikumisega. Meie vaatleme ainult ühtlaselt muutuvaid liikumisi.

Muutuva liikumise korral muutub liikumise kiirus. Suurust, mis näitab, kuipalju muutub liikumiskiirus ajaühikus, nimetatakse **kiirenduseks**. Seda saab aarvutada

valemiga $a = \frac{v - v_0}{t}$, kus a on kiirendus, v lõppkiirus, v_0 algkiirus, ja t aeg, mille

jooksul kiirus muutus. Kiirenduse mõõtühikuks on 1 m/s^2 . Ühtlaselt muutuva liikumise korral on kiirendus jääv suurus.

Praktilisi töid

1. Käia ühest koridori otsast teise. Mõõta teepikkus ja aeg. Arvutada kiirus.
2. Korrata ülesannet jooksmise korral.
3. Kui klassiaknast paistab tänav või tee, saab määrata jalakäijate või autode kiirust. Selleks tuleb valida mingi teelõik (näiteks kahe puu vahel) ja mõõta selle läbimiseks kulunud aeg. Pärast käia õues ja mõõta teelõigu pikkus ja arvutada kiirused.

Küsimused

1. Millise kiirusega võib auto linnas sõita?
2. Millise kiirusega võib sõita auto maanteel?
3. Miks on kehtestatud piirkiirused?
4. Kui suure kiirusega sõidavad vormel-1 autod?
5. Kui suure kiirusega lendavad lennukid?
6. Kas kiirenduse valemis on hetk- või keskmised kiirused?

Ülesanded

1. Mitu korda erineb inimese kasvu keskmine kiirus enne sündimist ja pärast sündimist?
2. Buss väljub Viljandist kell 15.00 ja jõuab Pärnusse kell 16.30. Linnade vahemaa on 90 km. Leida bussi keskmine kiirus.
3. Auto kiirus vähenes 5 sekundi jooksul 36 km/h võrra. Kui suur oli auto kiirendus?
4. Auto sõidab 100 s kiirusega 100 km/h. Kui suur on auto kiirendus?

Raudvara

Liikumine on keha asukoha muutumine ehk jõudmine algasendist lõppasendisse.

Trajektoor on joon, mida mööda keha liigub.

Keskmine kiirus näitab kui kaugele keha ajaühiku jooksul jõuab.

Kiiruse arvutamiseks tuleb teepikkus jagada ajaga: $v = s/t$.

Kiiruse ühikud on 1m/s või 1 km/h.

Hetkkiirus näitab, kui suur on keha kiirus mingil ajamomendil.

Kiirendus näitab, kui palju muutub keha kiirus ajaühikus.

Kiirenduse ühik on 1 m/s^2 .

Ühtlaselt muutuva liikumise korral on kiirendus jääv suurus.

3.2. Jõud

Miks me ei suuda nii kiiresti joosta kui mõni olümpiavõitja ? Sellepärast et me ei jõua, meil pole nii palju jõudu. Samuti ei jõua me tõsta nii raskeid asju nagu tõstakraana. Jällegi jääb puudu jõust.

Aga mõnda asja me suudame teha küll. Näiteks puid lõhkuda, last süles hoida, tainast sõtkuda, maadelda.

Milles jõud avaldub? Kui ma olen üksinda tühjal parkimisplatsil, kas ma saan näidata, kui tugev ma olen? Ei saa. Pole kellegi ega millegi arvel oma jõudu näidata.

Jõu näitamiseks tuleb midagi liikuma panna. Näiteks maadluses teine selili panna. Või ära hoida millegi kukkumist, näiteks last süles hoida. Või tuleb millegi kuju muuta, näiteks tainast sõtkuda või puuhalg pooleks lüüa.

Järelilikult jõud paneb mingi keha liikuma või ei lase sellel liikuda. Öeldakse, et jõud muudab keha liikumist. Samuti avaldub jõud keha kuju muutumises.

Jõu avaldumiseks peab olema vähemalt kaks keha: üks mis avaldab jõudu ja teine millele jõud mõjub. **Jõud** on ühe keha võime muuta teise keha liikumist või kuju.

Aga ükski keha ei suuda teise keha liikumist muuta silmapilkselt. Liikumiskiiruse muutmine võtab aega. Piltlikult öeldes punnib iga keha jõule vastu ja ei taha oma olekut muuta. Kui keha seisab paigal, siis ta muudkui seisaks ja kui ta liigub, siis ta muudkui liiguks. Kehade omadust vastu panna jõu mõjule nimetatakse **inertsiks**. See tähendab, et keha kiiruse muutmiseks peab talle mõni teine keha mõjuma mingi aja jooksul. Mida raskem on keha, seda kauem läheb aega tema kiiruse muutmiseks.

Füüsikas öeldakse, et raskemad kehad on inertsemad.

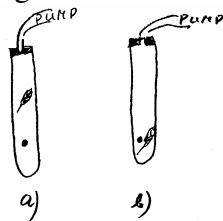
Tooge näiteid inertsist.

Vaba langemine

Kõik käest lahti lastud asjad kukuvad maha. Miks? Sellepärast, et Maa tõmbab kõiki kehi enda poole. Lahti lastud keha kukkumist nimetatakse **vabaks langemiseks**.

Täpsemalt öeldes nimetatakse vabaks langemiseks kehade kukkumist õhutühjas ruumis.

Katse. Pikas klaasampullis, mille külge saab ühendada vaakumpumba, on udusulg ja tinakuul. Kui õhku täis olev ampull ümber pöörata, siis kukub tinakuul kiiresti alla, aga udusulg liugleb alla pikkamisi a). Kui ampullist õhk vaakumpumbaga välja pumbata, siis kukuvad nii udusulg kui tinakuul alla ühesuguse aja jooksul b).



Keha kukumine õhus oleneb sellest, millise kujuga keha on.

Katse. Laseme oma näo kõrguselt langeda paberilehel. Mõõdame aja, mis kulub lehel põrandale jõudmiseks.

Siis nätsutame paberilehe kuuliks ja kordame katset. Paberkuul kukub kiiremini maha.

Kas Maa hakkas paberkuuli kõvemini külge tõmbama kui paberilehte? Ei hakanud.

Aga õhk segas kuuli langemist nüüd vähem, sest selle teele jäi ette palju vähem õhu osakesi kui paberilehele.

Küsimus: kas kehade langemist õhus võib mõnel juhul pidada ka vabaks langemiseks?

Võib küll, kui Maa külgetõmbejõud ehk keha raskus on palju suurem õhutakistusjõust. Mida väiksem ja raskem keha on, seda rohkem sarnaneb tema õhus langemine vabale langemisele.

Küsimus: Kas keha kukub kogu aeg ühesuguse kiirusega?

Ei kuku. Mida kõrgemalt keha kukub, seda suuremaks läheb kiirus. Seda teame isegi, et kõrgemalt kukkudes saame rohkem haiget. Põhjuseks on just suurem kiirus.

Vabal langemisel on iga keha **kiirendus** ühesugune ja seda nimetatakse **vaba langemise kiirenduseks**. Selle tähis on g ja arvuline väärtus on $9,81 \text{ m/s}^2$. Kui pole vaja väga suurt täpsust, siis kasutatakse arvutustes sageli selle suuruse ümardatud väärtust $g \approx 10 \text{ m/s}^2$.

See tähendab, et vabal langemisel kasvab keha kiirus iga sekundiga 10 m/s võrra.

Kuidas hinnata langeva keha kiirust ilma mõõteriistadeta? Seda võib teha purustusjõu abil. Kui keha liigub aeglaselt, on purustusjõud väike, kiirel liikumisel aga suur. Ka auto ei lähe väga katki, kui hästi aeglaselt vastu seina sõita. Suure kiiruse korral aga läheb auto lössi.

Kontrollime katseliselt, kas keha kiirus oleneb sellest kui kõrgelt ta kukub. Kasutame selleks mingit metallkuuli või mutrit ja plekkpurki, mis on tualettpaberiga kaetud. Paberi kinnituseks võib kasutada kummirõngast. Kui kuul langeb paberile madalalt, jääb paber terveks, kõrgelt kukkudes aga läheb paber katki. Järelikult kõrgemalt kukkudes on kiirus suurem, sest keha on liikunud kiirenevalt kauem aega.

Langedes keha kiirus v kogu aeg kasvab ja seda kiirust saab ka välja arvutada:

$v = gt$, kus g on vaba langemise kiirendus ja t on langemise aeg.

Kui on tarvis väga kõrgelt, näiteks lennukist välja hüpata, tuleb kasutada langevarju. Langevarjul on suur pind. Sinna alla jääb palju õhku ja see ei lase kiirust suureks minna. Tuletame meelde katset paberilehega ja paberinutsakuga.

Raskusjõud

Jõudu, millega Maa tõmbab kehi enda poole nimetatakse **raskusjõuks**. Tavaliselt öeldakse raskusjõu asemel **kaal**, kuigi gümnaasiumis saame teada, et see pole päris õige.

Kaaluks nimetatakse jõudu, millega keha rõhub alusele või venitab riputusvahendit.

Kui sellist jõudu pole, räägitakse kaaluta olekust. See esineb vabal langemisel.

Katse: vedru otsas rippuv keha lasta vabalt langema.

Raskusjõud F_r on seotud keha massiga m : $F_r = mg$.

Mida raskem keha (suurem mass), seda suurem on raskusjõud ehk jõud, millega Maa keha enda poole tõmbab.

Näiteks mees ja poiss lähevad üle külmunud poriloigu. Mees vajub jääst läbi, aga poiss ei vaju. Miks? Sellepärast, et mees on raskem kui poiss. Maa tõmbab meest tugevamini kui poissi ja jää ei suuda Maa tõmmet takistada. Kui mehe mass on 80 kg ja poisil 40 kg , siis Maa tõmbab meest 2 korda suurema jõuga.

Enamasti on suuremate kehade kaal suurem.

Kuid mitte alati. Näiteks padi on suurem kui sangpomm. Aga sangpomm kaalub palju rohkem. Põhjus on selles, et nad on valmistatud erinevatest materjalidest.

*** *Tooge veel näiteid, kus suurem keha on kergem kui väiksem keha.*

Seda, et Maa kehi enda poole tõmbab näeme siis, kui keha saab maha kukkuda. Aga kas Maa neid kehi ka enda poole tõmbab, mis ei saa kukkuda? Näiteks neid, mis on millegi peal?

Maa tõmbab neid ka. Kuidas me seda kontrollida saame?

Katse: *paneme lauatenнисe palli paberilehele ja hoiame lehte käes. Pall seisab paigal. Kui leht alt ära tõmmata, kukub pall maha, sest Maa tõmbas teda enda poole.*

Maa tõmbas ka siis palli enda poole, kui see oli paberil. Aga siis ei saanud pall maha kukkuda, sest paber ei lasknud. Kui asjad on laua peal, siis ei lase laud neid kukkuda, kui põrandal, siis takistab põrand.

*** *Tooge näiteid kehadest, mida Maa tõmbab enda poole, kuid mis ei saa maha kukkuda.*

Elastsusjõud

Kui me vedru venitame või kokku surume, siis tunneme, et miski takistab seda. Kui me vedru lahti laseme, võtab see esialgse pikkuse tagasi. Ka lössi litsunud tennispall võtab oma kuju tagasi, kui see vabaks lasta. Jõudu, mis keha esialgse kuju taastab, nimetatakse **elastsusjõuks** F_e .

Me teame, et ained koosnevad molekulidest ja molekulid hoiavad kindlat vahekaugust üksteisega. Kui neid üksteisele liiga lähedale suruda, siis nad hakkavad eemale tõukuma. Kui neid aga üksteisest liiga kaugemale venitada, siis nad hakkavad tõmbuma. Sellist olukorda võib iseloomustada järjekorras seisvate inimestega. Kui naaber sulle liiga lähedale trügib, siis lükkad teda eemale. Kui aga eesmine naaber liiga kaugemale läheb, lähed talle järele, et keegi vahele ei tuleks.

*** *Tooge näiteid kehadest, mis pärast venitamist oma kuju tagasi võtavad.*

Mida rohkem me vedru venitame, seda tugevat vastupanu see osutab. Öeldakse, et elastsusjõud on seda suurem, mida suurem on **deformatsioon**. Füüsikas nimetatakse keha mõõtmete muutmist deformatsiooniks.

Elastsusjõu sõltuvus deformatsiooni suurusest ilmneb selgelt näiteks vibu laskmise puhul. Mida rohkem vibu välja venitada, seda suurem jõud noolele mõjub ja nool lendab kaugemale.

Elastsusjõudu kasutatakse ka näiteks autode amortides, pehmes mööblis, jalgratta kummis, jne.

*** *Tooge näiteid, kus veel elastsusjõudu kasutatakse.*

*****Praktiline töö:** *Elastsusjõu uurimine.*

Asetame kaks ühepaksust raamatut lauale nii, et nende servad oleksid paralleelsed ja asuksid teineteisest 3 – 4 cm kaugusel. Paneme raamatute peale pabeririba ja sellele alguses ühe ja seejärel kaks pliiatsit (joonis).

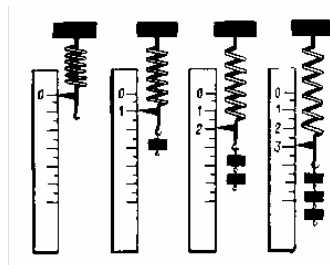


Joonis 3.2.1. *Elastsusjõu uurimine.*

Vastame küsimustele:

- 1) *Mis juhtus paberiribaga, kui sinna asetati pliiats?*
- 2) *Millised jõud mõjusid pliiatsile?*
- 3) *Millises suunas mõjus elastsusjõud?*
- 4) *Kas elastsusjõud muutus, kui panime paberile kaks pliiatsit?*
- 5) *Kas elastsusjõud suurenes või vähenes?*

Jõu mõõtmiseks kasutatakse elastsusjõudu. Seda riista, millega jõudu mõõdetakse, nimetatakse **dünamomeetriks**. Dünamomeeter tähendabki eesti keeles jõumõõtjat: kr. *dynamis* – jõud ja *metreo* – mõõdan). Dünamomeeter koosneb vedrust, mille otsas on konks ja osuti ning skaalast, mille abil saab mõõta vedru pikenemist. Vedru pikenemine on võrdeline seda venitava jõuga ning see lubabki mõõta jõudude suurusi. Näiteks kui vedru on veninud kaks korda pikemaks, siis on ka mõjuv jõud kakas korda suurem.



Joonis 3.2.2. Dünamomeetri näit on seda suurem, mida suurem on kehale mõjuv raskusjõud (kaal).

Kuidas dünamomeetriga mõõdetakse? Keha, millele mõjuvat jõudu mõõdetakse, kinnitatakse konksu külge. Osuti näitab skaalal jõu suurust.

Mida dünamomeetri näit meile ütleb? Olgu saadud näit 20. Aga kas sellel tulemusel on ka ühik? Kui pikkust mõõdame, on ühikuks 1 cm või 1 m, aja mõõtmisel 1 sekund jne. Mis on jõu ühikuks?

On kokkulepitud, et jõu ühikuks on 100g kaaluvihile mõjuv raskusjõud. Sellise jõu nimetus on 1 njuuton (1 N). Ühiku nimi tuleneb kuulsa inglise füüsiku I. Newtoni nimest. Seega meie dünamomeeter näitab 20 N.

Jõudu tähistatakse tähega F (inglisekeelse sõna “force” esimene täht). Lauset: “kehale mõjub jõud 10 N” kirjutatakse füüsika keeles : “ $F = 10 \text{ N}$ ”.

*** **Praktiline töö.** Raskusjõu mõõtmine.

Riputame dünamomeetri konksu otsa keha ja määrame sellele mõjuva raskusjõu suuruse.

Hõõrdumine

Lükkame mingit keha laual, see libiseb natuke ja jääb siis seisma. Kui lükkame sama keha näiteks sileda jää peal, siis libiseb see palju paremini. Kuid liivapaberil ei libise üldse. Sama võime märgata talvistel tänavatel: jää on libe, kuid kui on liiva visatud, siis ei ole.

Mis takistab kehade libisemist? See on **hõõrdumine**. Hõõrdumine tekib sellepärast, et kokkupuutuvad pinnad on krobelised, konarused haakuvad üksteise taha ning takistavad liikumist. Seda jõudu, mis takistab ühe keha liikumist teisega kokku puutudes, nimetatakse **hõõrdejõuks** F_h . Hõõrdejõud oleneb sellest, millised on kokkupuutuvad pinnad ja on seda suurem, mida suurem on keha raskusjõud. Hõõrdumine võib olla kahjulik ja kasulik. Kahjulik on ta siis, kui see takistab näiteks masinate osade liikumist. Et osad paremini liiguksid, tuleb neid õlitada. Õli täidab konarused ja ei lase masinaosadel nii tihedalt kokku puutuda. Hõõrdumise vähendamiseks kasutatakse ka kuullaagreid.

Katse Hõõrdejõu mõõtmine dünamomeetriga klotsi vedades mööda erinevaid pindu.

Hõõrdumine võib olla ka kasulik. Kui hõõrdumist ei oleks, kukuksime kohe pikali, sest maapind või põrand oleks väga libe. Ka autod ei saaks sõita, sest nende rattad käiksid ringi.

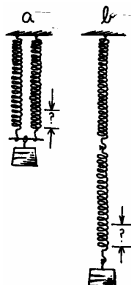
*** *Tooge näiteid hõõrdumise kasust või kahjust.*

Hõõrdumine on väga oluline liikluses. Kui tee on libe, pikeneb autode pidurdusteed. Lisaks pidurdustee pikenedele võib auto libedaga ka kurvist välja lennata. Libedaga ei tohi kiiresti sõita. Libeduse vähendamiseks puistatakse talvel teedele liiva või soola. Kuna sool vähendab (alandab) jää sulamistemperatuuri, siis nõrgema külma korral sulab lumi ja jää ära ning tekkinud vesi ei jäätu enam. Libisemise vähendamiseks kasutavad autod naelkumme. Ka jalakäijad peavad libedaga olema ettevaatlikud, et mitte kukkuda või libiseda sõiduteele.

Koduprojekt: leida kehi, mis paberil libisevad kõige halvemini ja kõige paremini, kasutades selleks raamatutest tehtud kaldpinda.

Küsimused

1. *Kuidas me teame, et kehale mõjub jõud?*
2. *Milline on jõu tähis ja mõõtühik?*
3. *Kui suur on vabalt langeva keha kiirus 3 sekundit pärast kukkumise algust?*
4. *Kui suure jõuga tõmbab Maa enda poole inimest, kelle mass on 60 kg?*
5. *Kui auto amortisaatorit kokku surutakse, millises suunas mõjub siis amordi elastsusjõud?*
6. *Mis juhtub dünamomeetri näiduga, kui riist koos koormisega lasta vabalt langeda?*
7. *Meil on kaks ühesugust vedru, millest kumbki venib 10 N koormise toimetel 2 cm pikemaks. Kui palju venivad vedrud, kui neid kasutada nagu joonisel on näidatud? Vedrude kaalu ei arvestata.*



8. *Kas hõõrdumine esineb ainult liikumisel või ka paigal olles?*

Raudvara

Jõud on ühe keha võime muuta teise keha liikumist või kuju.

Vaba langemine ehk kukkumine on liikumine ainult Maa külgetõmbe tõttu õhutihjast ruumis.

Vaba langemine on kiirenev liikumine.

Kiirendus näitab, kuipalju keha kiirus muutub ajaühikus.

Vaba langemise kiirendus $g = 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$.

Kiirust vabal langemisel saab leida valemist: $v = gt$.

Rasked ja väikesed kehad võivad vabalt langeda ka õhus, sest neile mõjuv õhutakistus on tühiselt väike.

Raskusjõud on jõud, millega Maa kehi enda poole tõmbab.

Raskusjõudu saab arvutada valemist $F_r = mg$

Keha vastupanujõudu venitamisele või survele nimetatakse elastsusjõuks. Elastsusjõud on seda suurem, mida rohkem keha venitada või suruda. Dünamomeeter on riist jõu mõõtmiseks, mis koosneb vedrust ja skaalast. Jõu ühikuks on 1 njuuton, mis on võrdne 100g massiga kehale mõjuva raskusjõuga. Liikumist takistav jõud on hõõrdejõud. Hõõrdejõud oleneb sellest, millised on kokkupuutuvad pinnad ja on seda suurem, mida suurem on keha raskusjõud. Hõõrdumine võib olla nii kasulik kui kahjulik.

3.3. Töö ja energia

Töö

Mis on töö?

*** *Tooge näiteid töö tegemisest.*

Kas tööd teeb ainult inimene? Öeldakse ju, et töö tegi ahvist inimese!

Ei tee ainult inimene, näiteks tuul lükkab purjekat, langev vesi paneb vesiratta käima jne.

Kuidas me aru saame, et tööd tehakse? Midagi muutub, aga muutuda saab ainult siis, kui **midagi liigub**. Kehade liikuma panemiseks on vaja rakendada kehale **jõudu**.

Liikumine tähendab ka seda, et keha asukoht muutub, keha läbib mingi **teepikkuse**.

Tehtud töö sõltub nii rakendatud jõu suurusest kui läbitud teepikkusest. Mida suuremat jõudu tuleb rakendada, seda raskem töö on, seda rohkem tööd tuleb teha. Näiteks telliskivi tõstmine maast autokasti on väiksem töö kui tsemendikoti tõstmine, sest tellise korral tuleb ületada selle raskusjõud, mis on väiksem tsemendikotile mõjuvast raskusjõust.

Samuti oleneb tehtud töö läbitud teepikkusest: mida kaugemale tuleb tsemendikotti kärutada, seda raskem töö, seda rohkem on tarvis tööd teha.

Kokkuvõttes võib öelda, et tehtud töö on seda suurem, mida suuremat jõudu kasutatakse ja mida suurema teepikkuse keha jõu toimele läbib.

Seda tööd, mida tehakse kehade liigutamisel nimetatakse **mehaaniliseks tööks**.

Füüsikas öeldakse, et $TÖÖ = JÕUD \times TEEPİKKUS$. Jõudu tähistatakse füüsikas tähega F ja teepikkust tähega s . Seega füüsika keeles on töö võrdne Fs ja tööd ennast tähistab füüsikas A . Nii et töö jaoks oleme saanud valemi $A = Fs$. Selles valemis on F ainult **liikumissihiline jõud**.

Kui jõu toimele midagi ei liigu, siis tööd ei tehata. Näiteks kui ma seisan paigal ja hoian palki õlal, siis ma tööd ei tee.

Miks tuleb töö arvutamiseks jõu ja teepikkuse väärtused just korrutada teineteisega?

Kui mõlema komponendi suurenemisel suureneb ka töö, ehk võiks siis neid liita, sest ka summa suureneb kui liidetavad suurenevad?

Liita ei või sellepärast, et liita saab suurusi, mida mõõdetakse ühesugustes ühikutes, näiteks pikkust pikkusega või jõudu jõuga.

Tehtud töö teadasaamiseks tuleb mõõta rakendatud jõud ja läbitud teepikkus, ning need arvud korrutada. Töö ühikuks on 1 džaul (J), mis võrdub tööga, mida teeb jõud 1 N teepikkusel 1 m. Töö ühiku nimi on pandud kuulsa inglise füüsiku J.Joule nime järgi.

Kuid on ju selliseid töid ka, kus jõudu ei rakendata ja midagi ei nihutata! Näiteks õpetaja töö, õpilaste õppimine jne.

*** *Tooge näiteid sellistest töödest.*

Kuidas seal tööd mõõta või arvutada? Seda ei saagi teha. See on teine töö, mida nimetatakse vaimseks tööks ja sellega füüsika ei tegele.

Energia

Tööga on seotud ka üks teine mõiste - energia. Mis see on ?

Tuletame meelde, mida iga päev ajalehed kirjutavad ja raadio räägib: jälle on kusagil energia kriis (st energiat ei jätku), on vaja uusi energia allikaid, elektrienergia kallineb jne.

*** *Tooge näiteid sellest, milleks energiat tarvis on.*

Näidetest võib järeldada, et energiat on tarvis töö tegemiseks. Selleks, et elada, tuleb tööd teha: maju, teid, sildu ehitada, tube kütta, süüa teha jne. Kõike seda inimene ei jõua oma keharammuga teha, on vaja veel kuskilt abi saada. See abiline ongi energia. Oeldakse, et energia on see, mille abil saab tööd teha. **Energia** on töö tegemise võime, see põhjus, mis lubab tööd teha.

Kuna energiat saab muuta tööks, siis mõõdetakse ka energiat samades ühikutes nagu töödki – džaulides.

Energiaid on mitut liiki. Näiteks elektrienergia, mis paneb käima elektrimootorid; soojusenergia, mis tekib kütuse põlemisel; tuule energia, mis paneb purjeka liikuma; langeva vee energia, mis paneb tööle elektrigeneraatori (masina, mis hüdroelektrijaamas elektrit teeb) jne.

Energia võib muunduda ühest liigist teiseks ja energiat saab salvestada. Näiteks akudes salvestatakse (hoitakse alles) elektrienergiat. Ja kui on vaja autot käivitada, siis tuleb selleks tööd teha, ajada mootoris kolbe liikuma. Seda tööd saab teha akus oleva elektrienergia abil.

Selliseid energialiike, mille tulemusel pannakse midagi liikuma, nimetatakse **mehaaniliseks energiaks**. Näiteks suur osa elektrienergiast saadakse mehaanilise energia abil. Hüdroelektrijaamas on mehaanilise energia kandjaks tammilt langev vesi, mis paneb tööle elektrigeneraatori. Tuulegeneraatorites on liikumapanijaks aga puhuv tuul.

Mehaanilist energiat jagatakse kahte liiki. Üks on seotud keha liikumisega. Näiteks voolav vesi võib teha tööd – ajada vesiratast ringi. Aga ka püssikuul võib teha tööd – lõhkuda aknaklaasi. See pole küll kasulik töö, aga klaasi lõhkumiseks on jõudu vaja ja kuul liigub läbi klaasi. Liikumiseiga seotud energiat nimetatakse füüsikas **kineetiliseks energiaks**.

Teine energia liik on see, mida omavad paigalseisvad kehad. Sellist energiat nimetatakse **potentsiaalseks energiaks**. See energia muutub tööks siis, kui keha saab hakata liikuma. Näiteks vinna tõmmatud vibu potentsiaalne energia saab teha tööd (panna noole lendama) alles siis, kui vibu on lahti lastud. Ka maapinnalt kõrgemale tõstetud kehal on potentsiaalne energia, mis vabaneb maapinnale langedes. Sellist energiat kasutatakse näiteks tammiga ülespaisutatud vee korral, et selle abil käima panna elektrigeneraator või vesikivi.

Töö ja energia igapäevaelus

Igapäevases elus me näeme, et kogu aeg muutub energia tööks ja vastupidi, energia saamiseks tuleb tööd teha. Selleks, et noolt vibust lasta, tuleb enne vibu vinna tõmmata (talle energiat anda, kuid selleks on omakorda tarvis tööd teha - vibu välja venitada). Selleks, et autoga sõita, tuleb paaki bensiini valada (energiat anda), selleks aga on naftatootjad ja sellest bensiini valmistajad pidanud tööd tegema. Selleks, et ise tööd teha, peame sööma (energiat varuma), kuid toidu valmistamiseks on jällegi tarvis tööd teha.

Hea näide energia ja töö muutmistest on kiikumine. Kui me kiike tõukame (anname hoogu), siis me teeme tööd. Selle töö arvel kiik kiik hakkab liikuma (omandab

kineetilise energia). Algul kiirus kasvab, siis hakkab vähenema ja jääb hetkeks mingil kõrgusel seisma (kehal on siis ainult potentsiaalne energia). Nüüd hakkab kiik ise tagasi langema, tema kiirus kasvab (st suureneb kineetiline energia) ja kõrgus väheneb (väheneb potentsiaalne energia). Seega meie poolt tehtud töö muutus algul kineetiliseks energiaks, see potentsiaalseks jne.

*** *Tooge veel näiteid, kus energia muutub tööks ja vastupidi.*

Kasulik oleks, kui me peaksime energia saamiseks vähem tööd tegema, kui pärast energialt tagasi saame. See oleks samasugune kasu nagu siis, kui panen hoiukarpi 1 euro, kuid pärast võtan välja juba 2 eurot. Paraku me teame, et nii ei juhtu.

Nii pole ka võimalik tõsta 100 kg massiga keha maast otse laua peale jõuga, mis vastab ainult 50 kg keha raskusjõule. Kuid sarnaseid võimalusi on inimesed püüdnud välja mõelda juba aastasadu: ikka tahetakse rohkem saada kui anda. Kuid alati on proovijaid tabanud ebaõnn. Tuleb välja, et kunagi pole võimalik saada rohkem tööd, kui kulus energia tekitamiseks. Järelikult ei ole võimalik energiat juurde tekitada. On kindlaks tehtud, et looduses kehtib **energia jäävuse seadus**, mis ütleb, et energiat ei teki juurde ega lähe kaotsi, aga energia võib minna üle ühest liigist teise.

Selle seaduse kehtimist on väga palju kontrollitud ja alati on see nii olnud. Miks selline seadus kehtib? Sellele ei oska keegi vastata. Maailm lihtsalt on selline.

Inimkond on kaua aega tahtnud välja mõelda masinat, mis teeks vähese energia arvel palju tööd ja ei jääkski enam seisma. Sellist masinat nimetatakse **igaveseks**

jõumasinaks, mille nimi ladina keeles on *perpetuum mobile*. Kuni energia jäävuse seaduse avastamiseni oli lootus sellise masina väljamõtlemiseks olemas, kuid energia jäävuse seadusele vastavalt ei saa kunagi ehitada masinat, mis teeks rohkem tööd, kui ta energiat kulutab. Ja isegi kogu energiat ei ole võimalik muuta mehaaniliseks tööks.

Katse: *palli pörkimine laualt või maast. Jälgida, kas põll pörkub algkõrguseni. Miks?*

Võimsus

Töö ja energiaga seoses kasutatakse veel üht mõistet - võimsus. Igapäevaelust teame, et see auto, millel on suurem kast, on võimsam kui väikese kastiga auto, või suurema kopaga ekskavaator, või kiiresti kihutav auto, kõik need on võimsad. Mida see tähendab? Kõik need masinad teevad tööd, veavad koormat, kaevavad auku, veavad inimesi. Mille järgi me otsustame, et üks masin on võimsam teisest?

Selle järgi kui kiiresti ta oma tööga valmis saab. Masin, mis sama töö teeb lühema aja jooksul on võimsam. **Võimsus** on ajaühikus tehtud töö.

Füüsikas on **VÕIMSUS = TEHTUD TÖÖ / SELLEKS KULUNUD AEG**. Valemina avaldub see nii: $N = A/t$, kus N on võimsus, A on töö ja t aeg. Võimsuse mõõtühik on 1 vatt (W): $1 \text{ W} = 1 \text{ J}/1 \text{ s}$, mis tähendab, et võimsus on siis 1 vatt, kui 1 sekundi jooksul tehakse tööd 1 džaul.

*** *Tooge näiteid masinatest, millest üks on võimsam ja teine vähem võimas.*

Küsimused

1. Kummal juhul tehakse rohkem tööd, kas a) 10 kg keha tõstetakse 2 m kõrgusele; b) 20 kg keha tõstetakse 1 m kõrgusele?
2. Millises asendis on võnkuva kiige kineetiline energia maksimaalne? Aga potentsiaalne?
3. Miks pörandalt üles pörkuv pall ei tõuse kunagi algkõrguseni?
4. Teisel korrusel on puusületäie potentsiaalne energia suurem kui esimesel korrusel. Kas nende puude põlemisel vabaneb rohkem soojust?
5. Inimene tõukas vankrit ja see hakkas horisontaalsel teel liikuma. Kas inimene tegi tööd?

6. Kui suur on võimsus, kui jõud 2 N nihutab 1 sekundi jooksul raamatut 2 m kaugusele?

Raudvara

Töö tegemise tunnus on kehade liikumine. See on määratud rakendatud jõu ja läbitud teepikkuse korrutisega: $A = Fs$.

Seda tööd, mida tehakse kehade liigutamisel nimetatakse mehaaniliseks tööks.

Töö ühikuks on 1 džaul (J), mis võrdub tööga, mida teeb jõud 1 N teepikkusel 1 m.

Energia näitab, kui palju tööd võib keha teha.

Energiat mõõdetakse samades ühikutes nagu töödkki – džaulides.

Mehaanilise energia on keha võime teha mehaanilist tööd.

Energia võib muutuda tööks ja vastupidi, energia saamiseks tuleb tööd teha.

Mehaanilist energiat on kaht liiki: kehade asendist olenev potentsiaalne energia ja liikumisest olenev kineetiline energia.

Kehtib energia jäävuse seadus: energia ei teki ega kao, vaid läheb üle ühest liigist teise.

Võimsus on võrdne ajaühikus tehtud tööga $N = A/t$.

Võimsuse mõõtühikuks on 1 vatt (W).

4. Kehad vedelikus ja gaasis

Katse: Vedru otsa riputatud keha, näiteks kivi sukeldatakse vette. Selle tulemusena vedru lüheneb. Miks?

*** Püüidke katset seletada.

Ilmselt peab vees kivile mõjuma mingi jõud, mis on suunatud ülespoole. Seda jõudu nimetatakse **üleslükkejõuks**. Üleslükkejõudu saab ka ise lihtsalt tajuda, kui püüda näiteks tühja pange põhi ees vette suruda.

Kuidas see jõud tekib?

Seletame seda mõttelise katse abil. Kujutame ette, et vees olev kivi muutuks veeks.

Kas siis “kivi” vajuks põhja? Ei vajuks. Järelikult päris kivi kaalust see osa, mida kaalub tema ruumalale vastav vesi ei kisu kivi põhja. Seega võib öelda, et kivile mõjuv raskusjõud on vees selle osa võrra väiksem.

Kui anum täita ääretasa vedelikuga ja sinna sukeldada mingi keha, siis keha poolt anumast väljatõrjutud (üle ääre voolanud) vedeliku kaalu võrra muutubki keha vedelikus kergemaks. Seda väljendab **Archimedese seadus**: iga vedelikku asetatud keha muutub niipalju kergemaks, kui palju kaalub tema poolt väljatõrjutud vedelik. Väljatõrjutud vedeliku kaal on seda suurem, mida suurem on vedelikus asuva **keha** (või selle osa) **ruumala** ja mida suurem on **vedeliku tihedus**.

Üleslükke jõud $F_{\text{ül}}$ avaldub matemaatiliselt valemiga $F_{\text{ül}} = \rho g V$, kus ρ on vedeliku tihedus, g raskuskiirendus ja V keha vedelikus oleva osa ruumala.

Kui keha tihedus on väiksem kui vedeliku tihedus, siis keha ujub vedeliku pinnal.

Ujumine füüsikas ei tähenda vees edasiliikumist, vaid vedeliku pinnal püsimist.

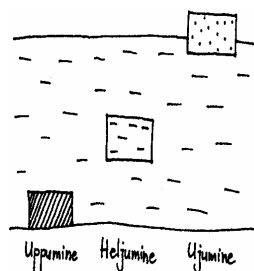
Näiteks korgitükk ujub vees.

Kui keha tihedus on suurem kui vedeliku tihedus, siis keha upub, st vajub põhja.

Näiteks kivi vajub vees põhja.

Kui keha ja vedeliku tihedused on võrdsed, siis keha ei uju ega upu, vaid heljub.

Näiteks kala vees.



Joonis 4.1. Kehade uppumine, heljumine ja ujumine.

*** Aga miks rauast laevad ära ei upu, kuigi raua tihedus on suurem kui vee tihedus?

Mis on tihedus? **Tihedus** on füüsikaline suurus, mis näitab, kui suur on ühikulise ruumalaga keha mass. Valemina väljendub see nii: $\rho = m/V$, kus ρ on keha tihedus, m keha mass ja V keha ruumala.

Miks tuleb ruumalaühiku kohta tuleva massi leidmiseks mass ja jagada kogu ruumalaga? Selle mõttest saab hästi aru, kui tuua analoogia rahaga. Kui teile antakse hulga peale mingi summa raha ja te tahate, et igäüks saaks ühesuguse summa, siis mida teete? Jagate rahasumma inimeste arvuga. Nii leiate ühe inimese (inimühiku) kohta tuleva summa.

Kui tahame täpsemalt põhjendada üleslükkejõu tekkimist, peame kasutama **rõhu** mõistet.

*** Tooge näiteid, kus kasutatakse rõhu mõistet.

Rõhuks nimetatakse pinnaühikule mõjuvat pinnaga ristsuunalist jõudu:

$$p = \frac{F}{S};$$

kus p on rõhk, F on jõud ja S pinna suurus, millele jõud mõjub. Rõhu ühikuks on 1 N/m^2 , mida nimetatakse **paskaliks (Pa)**.

Rõhu mõistest parema ettekujutuse saamiseks alustame jälle **katset**: võtame teritatud pliitsi ja surume seda ühesuguse jõuga ükskord vastu paberit teritatud otsaga, teine kord aga teritamata otsaga. Esimesel juhul läheb pliitsi ots paberist läbi, teisel juhul ei lähe. Öeldakse, et esimesel juhul on rõhk suurem, sest pindala, millele jõud mõjus on väiksem. Aga ikkagi, miks väiksema pinna korral paber katki läks? Sellepärast, et siis tuli lõhkuda sidemeid palju vähema arvu paberikiudude vahel kui teisel juhul.

Rõhk vedelikus on tingitud vedeliku kaalust. Iga vedeliku kiht rõhub enda all olevat vedeliku kihti ja mida sügavamal vedelikus oleme, seda suuremat rõhku vedelik avaldab. Seda saab kontrollida katsega.

Katse: Teeme kahte ühesugusesse veeanumasse ühesuurused augud: ühele põhja lähedale, teisele ülemisse ossa. Selgub, et põhjalähedasest august pritsib vesi kaugemale, sest seal on rõhumisjõud ja ka rõhk suuremad.

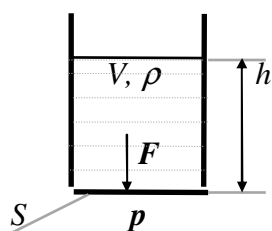


Joonis 4.2. Sügavamal vedelikus on rõhk suurem.

Rõhk vedelikus

Leiame avaldise, mis kirjeldab rõhku mingil sügavusel vedeliku sees.

Vaatame vedelikku anumast, mille põhja pindala on S , vedeliku ruumala V ja tihedus ρ . Vedeliku kõrgus anumast on h . Leiame, millist rõhku selline vedelikukogus anuma põhjale avaldab.



$$F = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g;$$

$$S = \frac{V}{h};$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{V/h} = \rho \cdot g \cdot h.$$

Saime, et rõhk anuma põhjale on võrdeline nii vedeliku tiheduse kui ka vedelikupinna kõrgusega anumast.

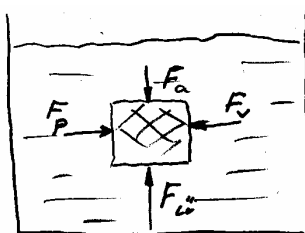
Katsetest selgub, et looduses kehtib seadus: vedelikud ja gaasid annavad rõhku edasi kõikides suundades ühtviisi. Seda seadust nimetatakse **Pascali seaduseks**.

Katse Pascali pritsi või õhupalliga.

Kuidas seletada asjaolu, et vedelikud ja gaasid annavad rõhku edasi igas suunas, aga tahked kehad mitte? Näiteks kui panna silindrilisse klaasi täpselt sinna mahtuv kolb ja seda ülalt suruda, siis puruneb ainult klaasi põhi, mitte sein.

Põhjus on molekulide soojusliikumises. Tahkes kehas on see piiratud ja molekulid paiknevad kindlal viisil ning omavad minimaalset võimalust nihkumiseks. Aga nii gaasis kui vedelikus saavad molekulid suhteliselt vabalt liikuda ja see ajabki jõu mõjumise suuna segamini.

Nüüd on meil piisvalt tarkusi, et seletada täpsemalt üleslükke jõu tekkimist. Kujutame ette, et vedelikus asub mingi keha, mis on arutluse lihtsustamiseks risttahuka kujuline. Keha alumisele pinnale avaldab vedelik suuremat rõhku kui ülemisele pinnale. See aga tähendab, et rõhumisjõud alt üles $F_{\text{ü}}$ on suurem kui ülevalt alla F_{a} ja nii tekibki üles suunatud jõud (vt joonist): $F_{\text{üü}} = F_{\text{ü}} - F_{\text{a}}$. Keha külgedele mõjuvad jõud F_{p} ja F_{v} on võrdsed ja kompenseerivad (tasakaalustavad) teineteist.



Joonis 4.3. Vedelikus asuvale kehale mõjuvad jõud.

Kas ka gaas lükkab kehi ülespoole? Ikka, näiteks soojaõhupall tõuseb just samal põhjusel üles nagu puutükk vees. Põhjus on selles, et sooja õhu tihedus on väiksem kui külmal õhul ja kui õhupalli mass on väiksem kui samasuure koguse külma õhu mass, siis tõusebki pall lendu.

Kuigi õhu tihedus on väike avaldab see siiski Maa pinnale ja sellel olevatele kehadele märkimisväärset rõhku. Põhjus on selles, et õhukiht ümber Maakerat on paks, mitukümmend kilomeetrit.

Küsimus. Kui suure jõuga atmosfäär meie keha surub?

Normaalseks õhurõhuks peetakse 760 mmHg ehk $\approx 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2$. Inimkehale mõjuva rõhumisjõu saame leida rõhu definitsioonivalemist $F = pS$. Jõu arvutamiseks

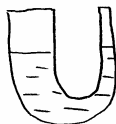
peame teadma inimkeha pindala. Täiskasvanud inimese kehapindala on 1,5 ... 2 m². Lihtne arvutus annab minimaalseks tulemuseks (1,5...2) · 10⁵ N. See vastab 15 kuni 20 tonnise keha raskusjõule.

*** *Miks nii suur jõud meid laiaks ei litsu?*

*** *Tooge näiteid, kus avaldub üleslükkejõud õhus.*

Küsimused

1. *Kui suur on õhu tihedus? Mitu korda on see väiksem vee tihedusest?*
2. *Miks on soe õhk kergem kui külm õhk?*
3. *Mitu liitrit sisaldab 1 m³?*
4. *Kumb avaldab maapinnale suuremat rõhku, kas elevanti jalg või daami tikkontsaga kingas jalg?*
5. *Miks U-torusse valatud vedeliku nivood on mõlemas harus ühekõrgused isegi siis, kui harud on erineva läbimõõduga?*



6. *Miks puidust taburetil on kõva istuda, aga diivanil pehme?*
7. *Miks terav nuga lõikab paremini kui nüri?*
8. *Kanamuna vajub vees põhja. Kanges soolalahuses aga ujub pinnal. Miks?*
9. *Miks õhku täis laste õhupall ei tõuse taevasse, aga heeliumiga täidetud pall tõuseb?*

Raudvara

Vedelikus või gaasis asuvale kehale mõjub üleslükkejõud, mis on võrdeline keha vedelikus oleva osa ruumala ja vedeliku tihedusega..

Archimedese seadus: iga vedelikku asetatud keha muutub niipalju kergemaks, kuipalju kaalub tema poolt väljatõrjutud vedelik.

Tihedus on füüsikaline suurus, mis näitab, kui suur on ühikulise ruumalaga keha mass.

Tihedust saab arvutada valemiga $\rho = m/V$.

Vedelikus olev keha ujub, kui keha tihedus on väiksem vedeliku tihedusest ja upub, kui ta tihedus on suurem vedeliku tihedusest.

Rõhuks nimetatakse pinnäühikule mõjuvat pinnaga ristsuunalist jõudu.

Rõhku saab arvutada valemiga $p = F/S$.

Rõhu ühikuks on 1 paskal (Pa), mis on võrdne 1N/1m².

Pascali seadus: vedelikud ja gaasid annavad rõhku edasi kõikides suundades ühtviisi. Sügavamal vedelikus on rõhk suurem kui pinna lähedal.

5. Aine ehitus

Kõik asjad koosnevad väiksematest osadest. Maja koosneb tubadest, rahvas inimestest, manna teradest, euro sentidest, jne.

*** *Tooge näiteid, kus midagi koosneb väiksematest osadest.*

Ka kõik ained koosnevad väiksematest osadest. Seda võib järeltada kehade paisumisest soojendamisel. Kehade ruumala muutumist saab seletada sellega, et ained

ei ole jagamatud, vaid koosnevad väiksematest osakestest, mille vahel on vaba ruumi. Kui ainet soojendada, siis selle osakesed eemalduvad üksteisest ja keha ruumala suureneb.

Katse. Gaasi paisumist saab näidata tühja limonaadipudeliga, mis on korgiga suletud, kuid korgist on läbi pistetud toru (kokteilikõrs). Kui toru panna vette ja pudelit peos hoida, siis hakkavad pudelist väljuma õhumullid, sest käte soojus soojendab pudelis olevat õhku, mis paisub.

Aga kui me vaatame mingit ainet nagu vesi või raud, siis näivad nad täiesti ühtlased. Mingeid osakesi pole näha. Põhjus on selles, et aineosakesed on nii väikesed, et palja silmaga neid ei näe.

Aga mis on üldse **aine**? Ja miks me peame teadma, milline on selle ehitus?

Aineks nimetatakse seda materjali, millest kehad koosnevad. Aineid võib jagada lihtaineteks ja liitaineteks. **Lihtained** koosnevad kõik ühesugustest koostisosakestest, **liitained** mitmesugustest.

Ja aine ehituse teadmine lubab meil seletada ning ennustada mitmesuguseid nähtusi. Näiteks põhjendada, miks talvel veekogud kinni külmuvad, saab ainult teades, millest vesi koosneb. Aine ehitust tundmata oleks võimatu mõista, miks aine sulamisel selle temperatuur ei muutu.

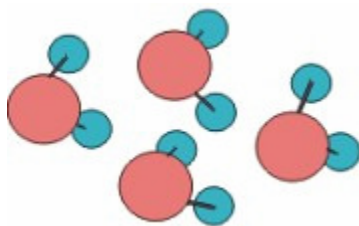
Teades aine ehitust, saame ise juhtida paljude nähtuste kulgemist. See teadmine aitab luua teadlastel uusi aineid või laiendada juba olemasolevate kasutusalasid.

*** *Tooge näiteid, kus veel on vaja teada aine ehitust.*

Molekulid

Aine väiksemaid osakesi nimetatakse **molekulideks**. Molekule on erinevate suurustega, aga kõik nad on silmale nähtamatud, sest nende mõõtmed on ca $10^{-7} - 10^{-8}$ cm. Võimsate teravikmikroskoopidega on siiski suuremaid molekule, näiteks valkude molekule võimalik näha. Kuna molekulid on nii väikesed, siis on neid aines väga palju. Näiteks vihmapiisas olevaid veemolekule on nii palju, et neist saaks iga Maakera inimene omale vähemalt mõne miljardi, kui need molekulid inimeste vahel saaks ära jagada.

Molekuli mudeliks on kera, kuigi nad ise pole kerakujulised. Näiteks vee molekuli mudelid on toodud pildil.



Joonis 5.1. Vee molekulid mudelitena. Suur kera on hapniku aatom, väikesed on vesiniku aatomid.

****Mõelge veel välja katseid või näiteid, mis tõestaksid aine koosnemist osakestest.*

Aatomid

Molekulid koosnevad omakorda veel väiksematest osakest, mida nimetatakse **aatomiteks**. Iga aatomi keskel on tuum ja selle ümber liiguvad elektronid. Tuum omab positiivset elektrilaengut, elektron negatiivset.

Elektronide liikumiskiirused on aatomis väga suured, ikka tuhandeid kilomeetreid sekundis. Elektronid liiguvad ka juhuslikke teid mööda ümber tuuma, mitte kindlaid

orbiite mööda. Sellepärast polegi võimalik aatomis jälgida mingit kindlat elektroni või selle liikumisteed ja räägitakse elektronpilvest.

Nagu juba eelmiselt jooniselt nägime, koosneb vee molekul ühest hapniku ja kahest vesiniku aatomist. Kui aatomid on veel väiksemad kui molekulid, siis miks öeldakse, et molekulid on aine väikseimad osakesed?

Aga sellepärast, et kui molekul jagada aatomiteks, siis neil pole enam endise aine omadusi. Kui näiteks vee molekul jagada hapniku ja vesiniku aatomiteks, siis meil pole enam vedelik, vaid hoopis kaks gaasi.

Ka aatomeid kujutatakse joonistel kerakestena, kusjuures väiksematele aatomitele vastavad väiksemad kerad. Kõige väiksem aatom maailmas on vesiniku aatom.

Kui molekul on aine väikseim osake, siis aatom on mingi keemilise elemendi väikseim osake. Ja aatomid omakorda koosnevad veel väiksematest osakestest, millest meie ei räägi. Seda õpitakse gümnaasiumi füüsika kursustes.

Ühe aine molekulid või ühe keemilise elemendi aatomid on üksteisest eristamatud. Mida see tähendab? Aga seda, et pole oluline, kust mingi aine osake on pärit, tema omadused on ikka ühesugused. Näiteks pole vahet, kas vee molekulid on pärit puurkaevu veest, inimese higist või tomatimahlast, ikka on neil ühesugused mõõtmed, mass ja muud omadused.

Füüsikas on kokku lepitud, et kui pole oluline aineosakese sisemine ehitus, siis nimetatakse kõiki osakesi molekulideks. Edaspidi teeme meiega nii.

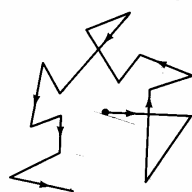
Paljud katsed näitavad, et molekulid liiguvad kõikides kehtades pidevalt. Gaasides saavad molekulid vabalt ringi liikuda, sest neid on seal suhteliselt vähe. Oma liikumisel nad pörkuvad üksteisega, muutes oma liikumise suunda. Vedelikes on molekulide tihedus suurem ja päris vabalt nad enam liikuda ei saa. Seal molekulid võbelevad mingis kohas natuke aega, siis hüppavad teise kohta ja võbelevad edasi. Tahkes aines molekulid paiknevad enamvähem kindlates kohtades, võnkudes nende kohtade ümber.

Molekulide liikumiskiirused on tavamõistes suured ja olenevad temperatuurist. Mida kõrgem on aine temperatuur, seda suurema kiirusega molekulid liiguvad.

Toatemperatuuril on näiteks õhumolekulide kiirused umbes paarsada meetrit sekundis. Kuid molekulid liiguvad erinevate kiirustega ja sellepärast kasutatakse **molekulide keskmise kiiruse** mõistet. See leitakse nii, et liidetakse kõikide molekulide kiiruste väärtused kokku ja jagatakse molekulide arvuga. Sellest järeldub, et on keskmisest kiirusest aeglasemaid ja kiiremaid osakesi.

Molekulide hüpete pikkused gaasides võivad olla kuni 100 korda suuremad, kui on molekuli läbimõõt. Vedelikes on hüpped aga palju lühemad.

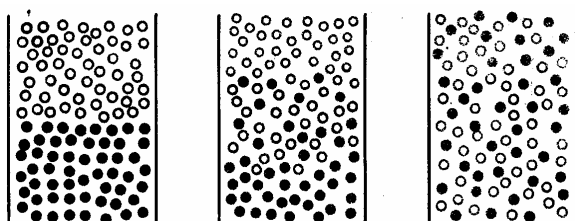
Sellist molekulide pidevat ebakorrapärast liikumist nimetatakse **soojusliikumiseks**. Miks selline liikumine esineb ja miks see kunagi ei lõpe, seda ei tea keegi. Öeldakse, et see on looduse omapära.



Joonis 5.2. Molekuli soojusliikumise trajektoori. Käänukohtadel on molekul pörkunud teise molekuliga.

Molekulide liikumist saab kontrollida mõne lihtsa *katsega*. Näiteks hakkame toa ühes nurgas apelsini koorima ja sööma ning varsti on head apelsinilõhna terve tuba täis. Kuidas jõudsid apelsini molekulid igasse toasoppi? Ainult tänu soojusliikumisele. Vedelike segunemist soojusliikumise tõttu saab ka silmaga näha. Tilgutame puhtasse vette mingi värvilise vedeliku tilgakese. Selleks sobib vedelik, mis vees lahustub, näiteks punane tint. Kui me vedelikku ei sega, siis alguses on näha küllalt selge piirjoon, mis eraldab tinti veest. Aga mõne tunni möödudes on piirjoon juba palju hägusem ja järgmisel päeval on kogu veeanum täis kergelt punakat lahust. Seda on põhjustanud molekulide soojusliikumine, mis on vee ja tindi molekulid segamini ajanud.

Sellist nähtust, kus ained üksteisega iseenesest segunevad, nimetatakse **difusiooniks**. See toimub seda kiiremini, mida kõrgem on ainete temperatuur.



Joonis 5.3. Tindi ja vee segunemine difusiooni tõttu.

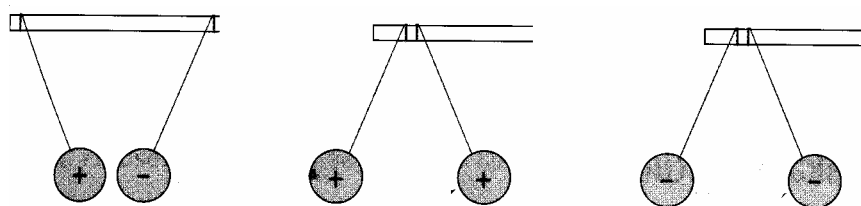
Kui me püüame mingit tahket keha kokku suruda või välja venitada, siis selgub, et see polegi kerge. Ka vedelikku on väga raske kokku suruda. Ainult gaasi korral on see küllalt lihtne, näiteks jalratta kummi täis pumpamisel surume ilma suurema vaevata õhku kokku.

Kehade ruumala muutmine on raske sellepärast, et molekulide vahel mõjuvad mingid jõud, mis ei lase neil üksteisest kaugemale minna ega ka väga lähedale nihkuda. Nende jõudude ulatus on hästi väike, ulatudes ainult mõne molekuli läbimõõdu kaugusele. Kuna gaasis on molekulid üksteisest vähemalt sada korda kaugemal, siis on gaasi kerge kokku suruda.

Seda, et molekulide vahelised jõud mõjuvad väga väikestel kaugustel saab kergesti kontrollida. Murrame näiteks kriiditüki pooleks ja püüame siis tükke kokku surudes kriiti terveks teha. See ei õnnestu kuidagi, sest me ei jõua krobelsi kriiditükke teineteisele nii lähedale suruda, et hakkaksid mõjuma molekulide vahelised tõmbejõud.

Neid jõudusid, mis molekulide vahel esinevad nimetatakse **vastastikmõju jõududeks**. Jõud on põhjustatud sellest, et aatomid (seega ka molekulid) koosnevad elektriliselt laetud osakestest ja nende vahel mõjuvad elektrijõud.

Elektriliselt laetud osakesi on kaht liiki, mida nimetatakse positiivse ja negatiivse laenguga osakesteks. Samanimelised laengud tõukuvad üksteisest eemale, erinevimeelised aga tõmbuvad üksteise poole.



Joonis 5.4. Erinevalt laetud kehade vahel mõjuvad kas tõmbe- või tõukejõud.

Katsed elektrooskoobi ja sultanitega demonstreerimaks elektrilisi tõmbe- ja tõukejõude.

Küsimused

1. *Kui tilgutada väike tilk õli suurde kaussi veega, siis ei kattu kogu veepind õlikihiga. Miks?*
2. *Miks on raske kehasid kokku suruda või välja venitada?*
3. *Kui neetida kokku raudriba samasuure vaskribaga, siis kokkuneeditud riba kooldub soojendamisel. Miks?*
4. *Kuidas veetilga aurustumise abil tõestada, et vee molekulidel on erinevad liikumiskiirused?*
5. *Miks sool või suhkur lahustub soojas vees kiiremini kui külmas?*
6. *Kuidas ravimid jõuavad tabletist meie verre?*
7. *Miks katkimurtud kriiditükki ei saa enam ära parandada, aga katkimurtud plastiliinipulka saab?*

Raudvara

Kõik ained koosnevad väiksematest osakestest, mida nimetatakse molekulideks. Kui aine temperatuuri tõsta, siis selle osakesed eemalduvad üksteisest ja keha paisub. Molekulid koosnevad aatomitest.

Aatomi keskel on positiivse laenguga tuum ja selle ümber liiguvad negatiivse laenguga elektronid.

Nii molekulid kui aatomid liiguvad pidevalt ja ebakorrapäraselt. Seda liikumist nimetatakse soojusliikumiseks.

Soojusliikumine on seda kiirem, mida kõrgem on aine temperatuur.

Aineosakestel on erinevad liikumiskiirused.

Aine osakesed segunevad tänu soojusliikumisele. Seda nähtust nimetatakse difusiooniks.

Aine osakeste vahel ilmnevad vastastikmõju jõud, mis võivad olla kas tõuke- või tõmbejõud.

6. Vedelike omadused: pindpinevus, märgamine, kapillaarsus, osmoos

Selles peatükis räägime ainult vedelikele iseloomulikest omadustest. Alustame sellest, et teeme kindlaks, milliseid aineid nimetatakse vedelikeks.

****Millised tunnused eristavad vedelikke teistest ainetest?*

Pakutud vastustest võib teha kokkuvõtte, et vedeliku olulised tunnused on: teeb märjaks; võtab anuma kuju; on voolav; omab kindlat ruumala.

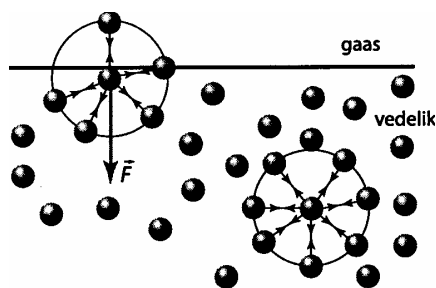
Aga nende tunnuste järgi võiks ka jahu olla vedelik. Aga miks ei ole?

Erinevusi on mitmeid. Kasvõi see, et jahul pole pinda, aga vedelikul on.

Vedeliku pinnamolekulid mõjustavad üksteist tõmbejõududega, mis on suunatud piki pinda ja püüavad pinna suurus vähendada. Seda nähtust nimetatakse **pindpinevuseks**. Tegemist on pinnanähtusega, kus vedeliku pind käitub elastse kilena.

Katsed seebivee ja liikuva küljega raamiga.

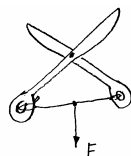
Nähtuse põhjuseks on molekulide erinev kontsentratsioon vedelikus ja selle kohal olevas gaasis, mis põhjustab vedeliku pinnakihi ja sisemuses olevale molekulile mõjuva resultantjõu erinevuse.



Joonis 6.1. Aine molekulid ja neile mõjuvad jõud vedeliku sees ja selle pinnal.

Vedelikus sees on molekulile mõjuv summaarne jõud võrdne nulliga, kuna igas suunas on teda mõjutavaid molekule. Pinnakihi olevale molekulile mõjub aga vedelikku suunatud summaarne jõud F , mis põhjustab pinnakihi olevate naabermolekulide üksteisele lähenemist. See aga tähendab, et vedeliku pind tõmbub kokku. Kokkutõmbavat jõudu nimetatakse **pindpinevusjõuks**.

Katse kahe kapiukse või kääriotsa vahel oleva nõoriga, mida keskelt allapoole tõmmatakse. Siis üksed või kääriotsad lähenevad üksteisele nagu vedeliku pinnamolekulid.



Vedelike omadust võtta nii väike pindala kui võimalik, kasutavad veepinnal liikumiseks ära putukad, keda nimetatakse vesivaksikuteks.



Joonis 6.2. Vesivaksik (suurem putukas)

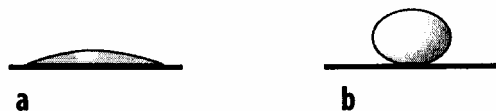
Katse panna nõöpnõel veepinnale ujuma.

Pindpinevusjõud sõltub vedeliku temperatuurist: mida kõrgem on temperatuur, seda väiksem on pindpinevusjõud. Põhjus on selles, et kõrgemal temperatuuril vedelik aurustub paremini ja vedeliku pinna kohal on rohkem molekule, mis vähendavad molekulile vedeliku sisepoolse mõjuva jõu suurus.

Samuti sõltub pindpinevusjõud vedelikus olevatest lisanditest. Näiteks mõned ained (pesuvahendid, piiritus) vähendavad pindpinevustegurit. Selliseid aineid nimetatakse **pindaktiivseteks aineteks**.

Katse veekausis oleva puru ja seebiveega.

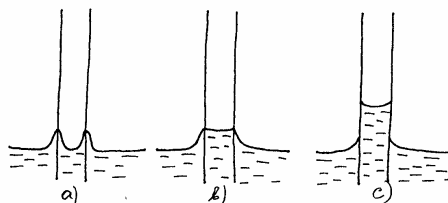
Kui vedelik satub kokkupuutesse tahke keha pinnaga, tuleb arvestada tõmbejõude ka vedeliku pinna ja tahke keha molekulide vahel. Kui vedeliku molekulide omavahelised tõmbejõud (kohesioonijõud) on väiksemad kui vedeliku ja tahke keha molekulide vahel (adhesioonijõud), siis valgub vedelik keha pinnal laiali ja öeldakse, et on tegemist **märgamisega** (a). Kui vedeliku molekulide omavahelised tõmbejõud on suuremad, siis on tegemist **mittemärgamisega** (b). Sel juhul võtavad väikesed vedelikutilgad horisontaalsel pinnal kera kuju.



Joonis 6.3. Vedeliku tilgad erinevatel pindadel: märguv pind (a), mittemärguv pind (b).

Katse veetilk puhtal ja rasvasel klaasplaadil.

Kui vedelikku asetada sellisest materjalist peenike toru (kapillaar), mida vedelik märgab, siis tõuseb vedelik torus kõrgemale vedeliku pinnast anumast. Sellist nähtust nimetatakse **kapillaarsuseks**. Vedeliku kapillaari tungimise ulatus on seda suurem, mida peenem on kapillaar. Mittemärgamise korral aga kapillaarsus takistab vedeliku tungimist kapillaari.

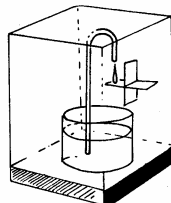


Joonis 6.4. Vedeliku kapillaari tungimise etapid.

Kui kapillaar asetada otsapidi vedelikku, mis teda märgab, siis tõuseb vedelik adhesioonijõu tõttu piki kapillaari seina üles. Selle tulemusena kapillaaris oleva vedeliku pind kõverdub (joonis 6.4.a). Pindpinevusjõud püüab vedeliku pinna suurust vähendada, st tasapinnaliseks muuta (joonis 6.4.b). Need protsessid korduvad seni, kuni adhesioonijõud ja raskusjõud saavad võrdseks (joonis 6.4.c).

Küsimus Miks vedelik tungib ainult peenikesse torru?

Joonisel 6.5. on toodud “igavese jõumasina” projekt. Selles tõuseb vesi mööda kapillaari üles. Kuna kapillaari ots on alla painutatud, siis sealt tilgub vesi välja ning paneb tiiviku pöörlema. Tiiviku liigutamiseks pole midagi muud vaja kui peenikest toru ja vett. Miks aga sellise projekti järgi ehitatud masin tööle ei hakka?



Joonis 6.5. “Igavese jõumasina” projekt.

Järgneva vedelikuga seotud nähtuse uurimist alustame **katsest**.

Võtame kaks kaussi, milles ühes on tavaline kraanivesi, aga teises suhkru vesilahus. Paneme mõlemasse kaussi paar valminud kirssi. Järgmiseks hommikuks on

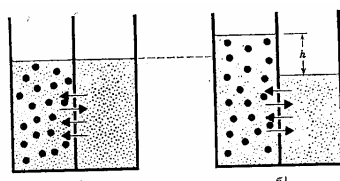
kraanivees olnud kirsid lõhki läinud, aga suhkruvees olevad ei ole. Milles võib olla põhjus? Asjatundjad ütlevad, et põhjuseks on **osmoos**.

Kirsi nahas on väikesed avad, millest vee molekulid mahuvad läbi, aga suuremad suhkrumolekulid ei mahu. Sellist materjali, mis mõnesid aineid laseb läbi, aga teisi mitte nimetatakse **poolläbilaskvaks membraaniks**.

Seega tänu soojusliikumisele tungivad vee molekulid läbi kirsinaha ehk membraani kirssi sisse. Aga tagasi enam nii lihtsalt ei saa, sest sees on palju suuri suhkrumolekule, mis katavad paljud membraani avad kinni. Tulemuseks on, et sisse pääseb rohkem veemolekule kui välja ja rõhk kirsis kasvab, kuni surub marja lõhki.

Aga miks magus vesi ei tunginud läbi kirsi naha marja? Samal põhjusel, miks vesi ei saanud kirsist välja: suured suhkrumolekulid takistavad veemolekulide liikumist läbi membraani. Ja kui suhkru kontsentratsioonid on marja sees ja väljaspool võrdsed, siis läheb sisse samapalju vett kui välja tuleb ja kirss ei lähe lõhki.

Nüüd me teame ka, miks kirsse sisse tehes tuleb nad siirupisse panna. Nii ei lähe nad lõhki ja säilivad ilusatena.



Joonis 6.6. Vee tungimine läbi poolläbilaskva membraani osmoosi korral suhkrulahuses. Väikesed täpikesed on vee molekulid, suured on suhkrumolekulid.

Osmoosil on looduses palju tähtsamaid ülesandeid, kui kirsikomposti säilitamine. Nii saavad taimed juurte kaudu mullast vett, sest juurte seinad töötavad ka kui poolläbilaskvad membraanid.

Aga kui mullas oleval vees on palju soolasid lahustunud, siis tuleb vesi taimede juurtest hoopis välja ja taimed kuivavad ära. Nii võib juhtuda ka suurte puudega, kui need kasvavad väga lähedal soolatavatele teedele.

Osmoosi tulemusena taimedesse kogunenud vesi võib tekitada taimedes väga suuri rõhke, kui taime rakkude seinad on sitkest materjalist. Kindlasti oleme näinud, et keset asfaldil kasvab üksik võilill. Loomulikult pidi selles kohas olema asfalt natuke vigane, aga ikkagi on taimel olnud vaja suurt jõudu, et ennast kitsast praost läbi pressida. Seda taime siserõhku nimetatakse **turgoriks** ja see tekib vee osmoosi tõttu.

Küsimused

1. Miks seebimullid on ümmargused?
2. Miks on veepind klaasnõu servades natuke kõrgemale tõusnud, kui anuma keskel?
3. Mõne taime lehtedel on väikesed kastepiisad kerakujulised, teistel aga valguvad laiali. Miks?
4. Miks käterätt kuivatab?
5. Miks jalajäljed niiskel pinnasel märguvad?
6. Kas vedelik avaldab membraanile suuremat rõhku vasakult või paremalt poolt (joon.6.6.)?

Raudvara

Pindpinevus on nähtus, mille tulemusena vedeliku pinnamolekulid tõmbuvad üksteise poole ja püüavad pinna suurust vähendada.

Piki vedeliku pinda mõjuvat jõudu nimetatakse pindpinevusjõuks.

Vedelik märgab pinda, kui ta pinnal laiali jookseb.

Vedelik ei märga pinda, kui pinnale tekivad vedeliku tilgad. Kapillaarsuseks nimetatakse märgavate vedelike tungimist peenikestesse torudesse. Vedeliku imbustumist läbi poolläbilaskva membraani nimetatakse osmoosiks. Taimede veevarustus toimub osmoosi abil.

7. Soojusnähtused (ohutusnõuded)

Soojus meeldib meile kõigile, olenemata sellest, kas see on vaimne või füüsiline soojus (hinge- või ihusoojus). Mis on aga **soojus**? Soojuseks nimetatakse soojusenergiat, mis kandub ühelt kehalt teisele, kui kehade temperatuurid on erinevad.

****Tooge näiteid soojusnähtuste kohta.*

Kõigist neist näidetest võib teha järelduse, et me saame kuidagi nagu iseenesest aru, mis on soe, mis külm. Aga kas see ikka on nii lihtne?

Teeme mõttelise **katse**. Võtame kolm kaussi: üks kuuma, teine külma ja kolmas leige veega. Hoiame natuke aega üht kätt kuuma veega kausis ja teist külma veega kausis.

Paneme siis mõlemad käed leige veega kaussi. Ja me tunneme, et kuuma veega kausist võetud käel on külm, aga külma veega kausist võetud käel on soe, kuigi mõlemad on ühesuguse temperatuuriga vees. Põhjus on selles, et soojus läheb **alati** soojemalt kehalt külmemale. Sellepärast annab soojast veest võetud käsi, mis on soojem kui leige vesi, soojust leigele veele ja meil tekib külma aisting. Teise käe korral saab käsi soojust leigest veest juurde ja tekib sooja aisting.

Ilmselt oleks vaja ikkagi mingit mõõteriista, mille abil saaksime otsustada, kui soe või külm miski on. Ja peab olema ka selge, mida me tahame mõõta. Aegade jooksul on inimesed kasutusele võtnud sellise suuruse nagu **temperatuur**, mis näitab kui soe või külm mingi keha on. Mõnikord öeldakse temperatuuri kohta ka **soojusaste**.

Temperatuur on määratud molekulide liikumise kiirusega: mida kiiremini molekulid liiguvad, seda kõrgem on keha temperatuur. Sellepärast öeldakse füüsikas, et temperatuur on molekulide keskmise kiiruse mõõt.

Euroopas kasutatakse temperatuuri mõõtmiseks nn **Celsiuse skaalat**, mille järgi vesi keeb 100 °C juures ja külmub 0 °C juures.

Temperatuuri mõõdetakse **termomeetri** abil. Kuna temperatuuri mõõdetakse kraadides, siis tavakeeles öeldaksegi tihti termomeetri kohta kraadiklaas. Termomeetri töö põhineb selles oleva aine (elavhõbe või värviline piirituse lahus) soojuspaisumisel. Aine on termomeetri mahutis, mis on ühendatud vertikaalse toruga. Mida kõrgem on temperatuur, seda suuremaks muutub termomeetri mahutis oleva vedeliku ruumala ja seda kõrgemale tõuseb selle tase torus. Taseme kõrgust torus saab määrata termomeetri skaala järgi, mis on toru taga.

Miks paisuvad kehad soojenedes? Sellepärast, et temperatuuri tõustes hakkavad molekulid kiiremini liikuma ja lendavad pärast pörkimist üksteisest kaugemale, kui madalamal temperatuuril.

Olukorda saab võrrelda järgmise katsega. Oletame, et lapsed on molekulid. Kui lasterühm seisab paigal, tihedalt üksteise vastas, siis ta võtab enda alla kindla suurusega pinnatüki. Kui lapsed hakkavad kõndima, siis nende poolt kaetud pinnatükk suureneb, sest käimisel jäävad lastele vahed vahele. Kui lapsed jooksema hakkavad, siis katavad nad veel suurema pindala, sest mõni jookseb kiiremini ja mõni aeglasemalt ning vahemaad laste vahel suurenevad veelgi.

Probleem Termomeetri mahuti ja toru mõõtmised olenevad ka temperatuurist. Kas see ei sega mõõtmisi? Vihje: vedelike paisumisvõime on sadu kordi suurem kui tahketel ainetel.

Tänapäeval on ka teistsuguseid termomeetreid, selliseid, kus temperatuur tuleb nähtavale tablool. Sellistes termomeetrites muudetakse soojusenergia elektrienergiaks ja selle abil tekitatakse tabloole numbrid.

Termomeetriga mõõtmisel peab jälgima kindlaid reegleid:

- 1) Temperatuuri mõõtmisel peab mõõdetava keha mass olema palju kordi suurem termomeetri mahuti massist.
- 2) Temperatuuri mõõtmisel peab termomeetri mahuti olema tihedas kontaktis mõõdetava ainega.
- 3) Temperatuuri mõõtmisel tuleb oodata, kuni termomeetri näit enam ei muutu

Me oleme harjunud nende temperatuuridega, mis on enamvähem võrdsed meie keha temperatuuriga.

**** Milline on normaalne kehatemperatuur? Milline võib olla temperatuur palaviku korral?*

Kui väljas on temperatuur +30 kraadi, siis on väga palav ilm ja kui on – 30 kraadi, siis on väga külm ilm. Kuid õues võib esineda veel palju rohkem meie kehatemperatuurist erinevaid temperatuure. Eesti kõige kõrgem temperatuur +35,6 °C on registreeritud Võrus ja kõige madalam – 43,5 °C Jõgeval.

Maailma kuumarekord on +58 °C (Aafrika) ja külmarekord – 89,2 °C (Antarktika).

Kui temperatuur langeb veel madalamale, näiteks kui temperatuur on – 196 °C või madalam, muutub õhk vedelaks. Ja kui temperatuur on kõrgem kui 3000 °C hakkavad metallid keema.

Väga kõrge ja väga madala temperatuuriga kehad on inimesele ohtlikud. Väga madalate temperatuuridega inimesed tavaliselt kokku ei puutu mujal kui talvel õues. Siis aitab soe riietus.

Kuid kuumade kehadega puutume palju sagedamini kokku. Näiteks köögiski on potid ja pannid kuumad. Ka pliit võib kõrvetada. Koolis tuleb kuumade kehadega kokku puutuda laboritööde korral. Sellepärast peabki teadma ohutusnõudeid, et mitte endale või kaaslastele viga teha.

Tähtsamad ohutusnõuded

- Õnnetuse korral pöörduda kohe õpetaja poole.
- Küttekehade kasutamisel jälgida nende kasutamiseeskirju.
- Lahtise leegi (küünal) kasutamisel tuleb jälgida, et läheduse poleks kergesti süttivaid esemeid. Ka pikad juuksed tuleb panna mütsi alla.
- Ärge puudutage palja käega sisselülitatud pliiti või soojendit.
- Kuumad nõud näevad välja täpselt nagu külmad nõud.
- Kinnist anumat ei tohi kunagi kuumutada. See võib lõhkeda.
- Ärge asetage küttekehadele metallist esemeid, mis võivad kuumeneda või klaasist esemeid, mis võivad puruneda.
- Ärge asetage küttekehadele kergestisüttivast materjalist esemeid.
- Vältige termomeetri ja teiste klaasnõude kukkumist ja purunemist.

- Põlev elektriseade tuleb kohe vooluvõrgust eemaldada.
- Põlevaid elektriseadmeid ei tohi mitte mingil tingimusel kustutada veega. Selleks on kas pulber- või süsihappegaasikustuti, ka kustutustekk sobib.
- Tuleohtlike ainetega töötamisel peavad ruumis olema tulekustuti, kustutustekk või –liiv, esmaabi kapp, kus oleks põletusvastaseid vahendeid.
- Nahapõletuse korral (kui pole tegemist lahtise haavaga) tuleb hoida kahjustatud kohta 5 – 10 minutit külma jooksva vee all, et vältida valu ja kudede edasist kahjustumist.

Küsimus: Milliseid ohutusnõudeid tuleb veel silmas pidada töötades kuumade või tuleohtlike seadmetega?

Küsimused

1. Kuidas mõõta jões ujuva kala temperatuuri?
2. Kuidas mõõdetakse inimese kehatemperatuuri?
3. Kuidas mõõta kirbu kehatemperatuuri?
4. Miks kinnikülmunud veetorud talvel tihti purunevad?
5. Keeratava kaanega konservipurgi kergemaks avamiseks soovitatakse purki enne avamist soojendada. Miks see kergendab avamist?
6. Kuidas muutub laual oleva vaskkera potentsiaalne energia, kui kera soojendada või jahutada?

Raudvara

Temperatuur näitab, kui soe või külm keha on.

Temperatuuri mõõtmisel termomeetriga tuleb järgida kindlaid reegleid.

Mida kiiremini molekulid liiguvad, seda kõrgem on keha temperatuur.

Soojenedes ained paisuvad, jahtudes tõmbuvad kokku.

Laboris töötades tuleb täita ohutusnõudeid.

8. Soojusenergia ja selle ülekanne

Soojusenergia on sisenergia see osa, mida saab muuta teisteks energia liikideks, näiteks elektrienergiaks. Tihti öeldakse soojusenergia asemel ka soojushulk.

Soojusenergia on määratud keha molekulide keskmise kineetilise energiaga. Mida kiiremini molekulid liiguvad, seda kõrgem on keha temperatuur ja suurem soojusenergia. Soojusenergiat nagu töödki mõõdetakse džaulides.

Soojusenergia võib ühelt kehalt teisele üle kanduda, kusjuures üleminekul on kindel suund: soojemalt kehalt külmemale, ehk kõrgema temperatuuriga kehalt madalama temperatuuriga kehale. See on nii iseeneslike protsesside korral Välise energia lisamisel võib soojust viia ka külmemalt kehalt soojemale, nagu see toimub külmkapis.

Kui kaks keha on omavahel kontaktis ja neil on ühesugune temperatuur, siis öeldakse, et need kehad on **soojuslikus tasakaalus**.

Kuidas toimub **soojus ülekandumine** ühelt kehalt teisele?

Selleks on kolm võimalust: soojusjuhtivus, konvektsioon, kiirgus.

Soojusjuhtivuse korral on kehad omavahel kontaktis ja ühe keha osakeste **põrked** teise keha osakestega annavad energiat ühelt kehalt teisele. Soojusenergia kandjateks on tavaliselt molekulid, aga ka vabad elektronid. Vabadeks nimetatakse selliseid elektrone, mis pole ühegi aatomi koosseisus.

Eriti head soojusjuhid on metallid, sest neis on palju **vabu elektrone**. Nende kiirused on väga suured, ca 100 km/s ja seetõttu nad põrkuvad väga tihti teiste osakestega ja annavad soojusenergiat üle. Halvad soojusjuhid on gaasid, sest neis on molekule hõredalt ja põrkeid toimub suhteliselt harva ning vabu elektrone pole üldse. Kõik poorsed ained on halvad soojusjuhid, kuna need sisaldavad õhku.

Soojusjuhtivusel üleantav soojushulk on seda suurem, mida suurem on kehade temperatuuride vahe, mida suurem on kokkupuute pind, mida lähemal on kehad üksteisele ja mida kauem ülekanne kestab. Tulemus oleneb ka keskkonnast, mis on kehade vahel. Selliseid seoseid on igaüks kogenud, kes on tulnud külmast sooja ahju äärde ja tahab ennast soojendada.

Soojusjuhtivuse valemi tuletamine: $Q = \text{const} \frac{\Delta T \cdot S \cdot t}{d}$, kus Q on üleantav

soojushulk, ΔT - kehade temperatuuride vahe, S – kokkupuute pindala, t – aeg, d – kehadevaheline kaugus.

Konveksiooni korral kantakse soojem keskkond üle teise kohta. Sellisteks näideteks on suitsu tõusmine majakorstnast või veekogude külmumisel tihedama vee kogunemine põhja ligidale. Ka õhk liigub toas. Seda on lihtne kontrollida küünlaga, mis asetada kord lahtise akna alumise ääre juurde ja kord ülemise ääre juurde. Konveksioonil põhineb ka sooja vee liikumine keskküttesüsteemis. Seal võib konveksioon olla loomulik või sunnitud (pumba abil tekitatud). Loomulik konveksioon esineb sellepärast, et soojenedes aine paisub, tihedus väheneb ja tekib **üleslükkejõud**.

Katse Sooja õhu liikumine torus, milles on küünlal.

Probleem. Kui soe õhk tõuseb üles, siis peaks Maast kõrgemal olema õhk soojem ehk kõrgel mägedes võiks olla troopiline kuumus. Tegelikult on aga kõrgel mägedes külm ja igilumi. Miks?

Põhjus on selles, et õhu tihedus väheneb kõrguse kasvades, kuna õhumolekulidele mõjub Maa külgetõmme, mis hoiab molekule Maa läheduses. Tiheduse vähenemine tähendab, et molekulide arv ruumalaühikus väheneb. Sellega kaasneb iga kuupmeetri õhu siseenergia vähenemine, sest siseenergia on ju molekulide kineetiliste energiatega summa. Nüüd on summa väiksem vaatamata sellele, et iga molekuli energia on endine, aga nüüd on molekule vähem. Kui aga väheneb siseenergia, siis langeb ka temperatuur. Olukord on sarnane raha saamisega emalt-isalt. Iga kord, kui neid kohtad, saad kindla summa, aga mida vähem kohtumisi, seda vähem raha.

Kiirgus kannab samuti soojusenergiat edasi. Päikeselt Maale jõuab energia läbi kosmose ja atmosfääri ikka kiirgusena, mitte soojusjuhtivuse teel. Avakosmoses puudub isegi põhimõtteline võimalus soojusjuhtivuseks või konveksiooniks, sest seal valitseb tühjus, vaakum.

See kiirgus, mis näiteks Päikeselt energia maale toob või kuumast ahjust meieni kannab on **soojuskiirgus**, mis on oma olemuselt elektromagnetiline laine. Seega on ta sugulane valgusega, mis on ka elektromagnetiline laine. Mida see tähendab, õpitakse gümnaasiumis.

Laine ise ei ole soojus ega energia. Laine on energia edasikandumise viis.

Soojuskiirguse nimi tuleb sellest, et kiirguse tekkimiseks vajalik ergastusenergia saadakse soojusliikumisel esinevatest molekulide põrgetest. Laialt levinud on VÄÄRARUSAAM, et soojuskiirguseks nimetatakse sellist elektromagnetilist

kiirgust, mis soojendab. Soojendada võib ka näiteks laserkiirgus, mis ei ole soojuskiirgus.

Kõik kehad kiirgavad soojuskiirgust. Mida kõrgem on temperatuur, seda kiiremini elektronid aatomeis võnguvad ja seda suurema sagedusega kiirgust kiiratakse. Kui kiirgaja temperatuur on üle 800° C, siis muutub kiirgus inimsilmale nähtavaks kiirguseks – **valguseks**. Kõrgemal temperatuuril suureneb ka kiirgavate elektronide arv.

Tekkinud soojuskiirguse energia on võrdeline temperatuuri neljanda astmega. Seega, kui keha temperatuur tõuseb 2 korda, siis kiiratud energia suureneb 16 korda.

Soojuskiirguse levimist takistavad selle teele ette jäävad läbipaistmatud kehad. Seda on lihtne kontrollida, kui istuda lahtise uksega küdeva kamina või ahju ees. Kui uks kinni panna, muutub kohe palju jahedamaks. Nii kaitseb ka Maa atmosfäär Maad jahtumise eest.

Kui soojuskiirgus kohtub aine või kehaga, millest ta läbi ei tungi ja tagasi ei peegeldu, siis muutub kiirguse energia selle aine siseenergiaks ja füüsikas öeldakse, et kiirgus **neeldus**.

Praktika näitab, et tumedad kehad neelavad soojuskiirgust paremini kui heledad.

Küsimus. Miks on must keha hea kiirguse neelaja?

Täpne vastus oleks: sellepärast, et ta on must. Must ju seda tähendabki, et kogu pealelangev kiirgus jääb kehasse, mitte midagi tagasi ei peegeldu. Must keha on ka hea kiirgaja. Hele keha seevastu on hea peegeldaja ja halb kiirgaja.

Kui see nii ei oleks, peaks näiteks toas kõik tumedad kehad olema soojemad kui heledad, sest nad neelavad kiirgust paremini kui heledad kehad. Aga toas on nii heledad kui tumedad kehad ühesuguse temperatuuriga. Järelikult tumedad kehad on ka paremad kiirgajad kui heledad kehad.

Küsimused

1. Miks väga külma ilmaga keelega metalletset katsudes keel sinna kinni külmub, aga puutüki külge ei külmu, kuigi selle temperatuur on sama, mis metallil?
2. Miks on suvel pilves ilmad jahedamad kui selged, aga talvel on vastupidi?
3. Miks talvel aknaklaasid jäätuvad, aga aknaraamid ei jäätu?
4. Miks õhutemperatuuri mõõdetakse varjus, mitte päikese käes?
5. Mitu õhemat riietuseset hoiavad kehasoojust paremini kui üks paks. Miks?
6. Toa põrandal on vaip. Kui astuda palja jalu vaibale tundub see olevat soojem kui kõrval olev toapõrand. Kas vaip ongi soojem kui põrand?
7. Miks suvel eelistatakse kanda heledaid rõivaid?
8. Miks on suvel kelder majas kõige jahedam koht?

Raudvara

Soojusenergia on sisenergia see osa, mida saab muuta teisteks energia liikideks.

Soojusenergia võib ühelt kehalt teisele üle kanduda, kusjuures üleminekul on alati kindel suund: soojemalt kehalt külmemale.

Soojusjuhtivuse korral antakse energiat ühelt kehalt teisele osakeste (molekulide või vabade elektronide) põrgete abil.

Konvektsiooni korral kantakse soojem keskkond üle teise kohta

Soojuskiirgus kannab energiat edasi lainena, mis levib ka tühjuses.

9. Ainete agregaatolekud. Õhuniiskus

Kõik ained koosnevad aatomitest või molekulidest. Erinevaid aatomeid on looduses ca 90 liiki. Kogu meid ümbritsev maailm on üles ehitatud neist ja nende kombinatsioonidest. Keemilistel ühenditel võivad olla hoopis erinevad omadused komponentide omadest. Näiteks keedusool koosneb Na ja Cl ionidest. Metalliline naatrium reageerib tormiliselt veega, sellega kaasneb tuli ja ragin. Gaasiline kloor on mürgine gaas. Aga keedusool on meeldiv toidulisand.

Iga aine võib olla erinevates olekutes. Füüsikas nimetatakse neid **agregaatolekuteks**, aga lühiduse mõttes nimetatakse neid ka **olekuteks**.

Aine olekuid on kolm³: tahke, vedel ja gaasiline.

Millises olekus aine on, see oleneb põhiliselt temperatuurist, kuigi ka rõhust. Kuna temperatuurist sõltuvus on palju tugevam kui rõhust sõltuvus, siis piirdumegi ainult temperatuuri mõjude uurimisega.

Näiteks vesi esineb allpool nullkraadi jääna, üle nullkraadi veena ja üle saja kraadi veeauruna. Kuigi me nimetame vett erinevais olekus erinevate nimetustega, on igas olekus tegemist ikka ühesuguste molekulidega.

Tahkes olekus on osakevahelised kaugused kõige väiksemad, kahe naaberosakese vahele mahuks hädapärast veel üks osake. Vedeliku naabermolekulide vahele mahuks paar-kolm molekuli. Gaasis on osakeste vahemaad molekulide maailma kohta suured – näiteks tavalises õhus mahuks kahe naabermolekuli vahele vabalt sada teist molekuli.

Tahke olek

Tahkes olekus aine säilitab oma ruumala ja kuju. Kui keha kuju on mõnede tahkete ainete korral võimalik muuta, näiteks seda painutades või väänates, siis ruumala jääb alati samaks.

Tahkes olekus aine ehk **tahkis** on kas **kristall** või **amorfne aine**. Kristallil on kindel struktuur, amorfisel ainel pole. Kristallis asetsevad aatomid või molekulid kindla korra järgi nagu tellised majaseinas või sõdurid paraadil. Amorfses aines on molekulid aga juhuslikes asukohtades nagu telliskivid kokkuvarisenud maja rusudes või sõdurid jalgpalliväljakul.

Kristallid on näiteks kõik metallid, keedusool, jää, aga ka kõik kalliskivid. Amorfseid ained on kõik plastmassid, klaas, plastiliin, puit, jne.

Küsimus Millistes ühikutes mõõdetakse tahkete ainete koguseid?

Vedel olek

Vedelas olekus aine ehk **vedelik** on voolav, võtab anuma kuju ja pole kokkusurutav.

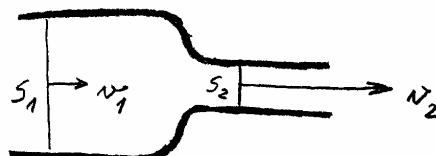
Küsimus Millistes ühikutes mõõdetakse vedelike koguseid?

Vedelike üks peamisi omadusi on voolamine. Vedelik võib voolata kahel viisil. Kui voolukiirused on väikesed, siis voolab vedelik korrapäraselt. See tähendab, et voolamiskiirus keskkonna igas punktis on ajas muutumatu. Vedelik voolab kihtidena, mis üskteisega ei segune. Sellist kihilist voolamist nimetatakse **laminaarseks voolamiseks** (ld k. *lamina* – leheke, plaadike). Nii voolab näiteks vesi kraanist, kui kraani ainult natuke avada. On selgelt näha altpoolt kitsenev veenire, mille kuju ei muutu.

³ Tegelikult on olemas ka neljas olek, plasma, aga seda me ei käsitle.

Kui kraan avada täielikult, siis hakkab sealt vesi voolama pahinal ja pole enam mingit korrapärast kitsenevat juga. Siis ongi tegemist teise voolamisliigiga, mis esineb suurtel voolukiirustel ja mida nimetatakse keeriseliseks ehk **turbulentseks voolamiseks** (ld.k. *turbo* – pööris, keeris).

Laminaarsel voolamisel kehtib seadus, mille kohaselt $Sv = const$, kus S on voolava vedeliku ristlõike pindala ja v on voolamise kiirus. Selle seaduse kohaselt on näiteks muutuva ristlõikepindalaga torus vedeliku voolukiirus seal suurem, kus toru on peenem ja seal väiksem, kus toru on jämedam. Põhjus on selles, et kuna vedelik ei ole kokkusurutav, peab igast toru ristlõikest ühes ajaühikus ühepalju vedelikku läbi minema. Kui toru on peenem, siis peab voolukiirus olema suurem.



Joonis 9.1. Vedeliku voolukiirus on seal väiksem, kus toru ristlõige on suurem ja seal suurem, kus ristlõige on väiksem.

Gaasiline olek

Gaasilises olekus on aine voolav, täidab kogu anuma, milles ta asub ja on kokkusurutav.

Terminoloogiline täpsustus. Me nimetame aineid gaasilises olekus kord gaasideks, kord aurudeks. Ikka räägitakse, et õhk on gaas, mis koosneb teistest gaasidest nagu hapnik, lämmastik, vesinik, jt. Kunagi ei räägita näiteks hapniku aurust. Aga alati räägime veeaurust, mitte kunagi vee gaasist. Mille poolest erineb gaas aurust?

Ainet nimetatakse **gaasiks** siis, kui see antud temperatuuril ei saa olla vedelas või tahkes olekus, **auruks** aga siis, kui antud temperatuuril saab aine olla nii vedelas kui gaasilises või tahkes olekus. Näiteks toatemperatuuril saab vesi olla nii veena kui gaasina – veeauruna. Aga õhk saab toatemperatuuril olla ainult gaasilises olekus. Õhk muutub auruks alles -196 °C juures.

Gaaside omadused tulenevad sellest, et gaasis on molekulid üksteisest kaugel, nii et nad pole praktiliselt vastastikmõjus (ei tõmbu ega tõuku). Ainult pörkuvad. Seepärast gaas täidab alati kogu anuma. Kuna molekulide vahed on suured, pole ka kokkusurumine probleemiks.

Küsimus Millistes ühikutes mõõdetakse gaaside koguseid?

Gaaside voolamisel kehtib samuti seos $Sv = const$. Seda kasutatakse näiteks igasuguste pihustite korral (värvid, deodorandid jms), kus pihustatav aine paisatakse anumast välja täitegaasi abil. Et aine lendaks balloonist kaugemale, on tehtud väljumisavad hästi väikesed. Siis omandab segu suure kiiruse ja lendab kaugemale.

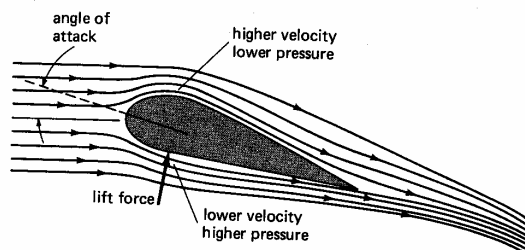
Vedelike ja gaaside voolamisel ilmneb veel üks seaduspärasus: Seal, kus vedelik või gaas voolab, on selle rõhk toru seintele väiksem kui seisva vedeliku või gaasi korral. Ja rõhu vähenemine on seda suurem, mida suurem on voolukiirus.

See on järeldus energia jäävuse printsiibist ja näeb matemaatiliselt välja nii:

$$p + \frac{\rho v^2}{2} = const, \text{ kus } p \text{ on vedeliku või gaasi rõhk, } \rho \text{ selle tihedus ja } v \text{ voolamise}$$

kiirus. Selle avastaja nime järgi kutsutakse seda võrrandit **Bernoulli võrrandiks**.

Inimene on õppinud seda looduse omapära oma huvides kasutama, sest sellel nähtusel põhineb lennuki tiiva töö. Nimelt on lennuki tiival selline kuju, et õhk liigub tiiva kohal suurema kiirusega kui tiiva all. Seega on õhu rõhk tiiva kohal väiksem kui tiiva all ja rõhkude erinevus põhjustab alt üles suunatud tõstejõu. See pole küll tõstejõu ainus põhjus, aga siiski peamine. Oluline on ka, millise nurga moodustab tiib horisondiga, nn **ründenurk**.



Joonis 9.2. Lennukitiiva tõstejõu tekkimine õhuvoolu kiiruste erinevuse tõttu

Katsed: 1) Puhumine üle rippuva paberilehe; 2) Lauatenniseballi väljapuhumine lehtrist.

Agregaatolekute muutused

Üks aine olek võib teiseks üle minna. Kui näiteks vedelikule soojusenergiat juurde anda, siis hakkavad vedeliku molekulid kiiremini liikuma. Mõne molekuli kiirus võib kasvada nii suureks, et naabermolekulide tõmbejõust jääb väheseks selle kinnihoidmiseks ja molekul lendab vedelikust välja. Öeldakse – vedelik **aurustub**. See võib juhtuda ka ilma välist energiat juurde saamata, sest tänu omavahelistele põrgetele on vedelikus väga erineva kiirusega molekule. Need, mille kiirus on palju suurem keskmisest kiirusest, lendavad vedelikust välja. Kui kiiremad molekulid lahkuvad, siis selle tulemusena vedelik jahtub. Edasiseks aurustumiseks peab kuskilt soojusenergiat juurde saama. Seda võetakse ümbritsevatelt kehadelt või keskkonnalt. Aurustumise pöördnähtuse korral kaotavad gaasimolekulid põrgetel jahedama aluspinnaga oma energiat ja tekib vedelik. Öeldakse – aur **kondenseerub**. Vedeliku soojendamisel esineb paralleelselt kaks protsessi: soojenemine ja jahtumine. Esimene leiab aset tänu soojusallikalt tulevale energiale, teine leiab aset sellepärast, et vedelikust lahkuvad kõige kiiremini liikuvad molekulid viivad pidevalt energiat ära. Madalamatel temperatuuridel on ülekaalus soojenemine, kõrgematel temperatuuridel suureneb jahtumise osa, sest järjest rohkem hakkab kiiremaid molekule lahkuma. Kui saabub tasakaal nende protsesside vahel, siis vedelik hakkab keema ja temperatuur enam ei muutu.

Keemine toimub kindlal temperatuuril, mida nimetatakse **keemistemperatuuriks**, mis vedeliku keemisel ei muutu. Keemistemperatuur oleneb gaasi rõhust vedeliku pinna kohal. Mida madalam on gaasi rõhk, seda madalam on ka keemistemperatuur. Näiteks kõrgmäestikus, kus õhurõhk on palju väiksem kui merepinnal, keeb vesi ka oluliselt madalamal temperatuuril kui 100 °C.

Keemisel vedelik aurustub ka oma pinna all, seal tekivad mullid, mis liiguvad vedeliku pinna poole. Mull jõuab pinnale siis, kui temas oleva gaasi rõhk on suurem kui välisõhurõhk pluss mulli kohal oleva vedeliku rõhk. Kui mullid jõuavad vedeliku pinnale, siis vedelik keeb. Seda soojust, mis tuleb vedelikule juurde anda aurumullide tekitamiseks keemistemperatuuril, nimetatakse **keemissoojuseks**.

On veel teisi olekumuutusi. Üleminekut tahkest olekust vedelasse nimetatakse **sulamiseks**, aga üleminekut vedelast olekust tahkesse – **tahkestumiseks**. Üleminekut tahkest olekust gaasilisse nimetatakse **sublimatsiooniks**, aga üleminekut gaasilisest olekust tahkesse – **härmatumiseks**. Ainete sulamine ja tahkestumine toimuvad kindlatel temperatuuridel, mis on omavahel võrdsed. Neid nimetatakse vastavalt **sulamis- ja tahkestumistemperatuurideks**. Näiteks vee korral on need temperatuurid 0 °C, aga elavhõbeda korral on need temperatuurid –39°C. Sublimatsioon ja härmatumine võivad aga esineda ka ühe aine korral küllalt erinevatel temperatuuridel.

Sulamisel, aurustumisel ja sublimatsioonil tuleb ainele soojust juurde anda, tahkestumisel, kondenseerumisel ja härmatumisel eraldub ainest soojust. See on ka mõistetav, sest esimese muutuste rühma korral peavad molekulid hakkama kiiremini liikuma, et minna teise olekusse. See eeldab energia (soojuse) juurdesaamist. Teise rühma korral molekulide keskmine kiirus väheneb ja ülejääv energia eraldub soojusena. Need soojused on paarikaupa omavahel võrdsed. See tähendab, et samapalju soojust, kui tuleb mingile ainekogusele selle sulamisel anda, vabaneb sama ainekoguse tahkumisel. Ka aurustumiseks vajalik soojushulk ja kondenseerumisel vabanev soojushulk on omavahel võrdsed.

Ühe aine gaasiline olek on inimeste elu jaoks oluline. See aine on ja vesi, mille gaasilist olekut nimetatakse **veeauuks**. Paraku veeauru me silmaga ei näe, kuid selle olemasolust saame aru mitmeti. Näiteks saunas on õhus palju veeauru. Kui õue viiv saunauks talvel lahti teha, on näha, kuidas tekivad “veeauu” pilved. Muidugi pole see enam aur, mida me näeme, vaid hoopis kondenseerunud veeaur ehk udu. Õeldakse, et sauna õhk on niiske. Kuid seevastu kõrbes on õhk väga kuiv. Õhu kuivust või niiskust iseloomustatakse füüsikas **õhusniiskuse** abil.

Veeauru hulka õhus kirjeldatakse suurusega, mis näitab, mitu grammi vett sisaldab 1 kuupmeeter õhku. Seda suurust nimetatakse **absoluutseks niiskuseks**. Absoluutne niiskus on erinevatel temperatuuridel erinev, kuid alati on olemas mingi piir, millest rohkem veeauru õhku ei mahu. Selle piiri ületamisel hakkab veeaur kondenseeruma - tekib udu või kaste. Näiteks temperatuuril +10 °C võib 1 kuupmeeter õhku sisaldada kuni 9,4 g veeauru, temperatuuril +20 °C aga 17,3 g. Mida kõrgem temperatuur, seda rohkem veeauru õhk mahutab.

Tavaliselt, näiteks ilmateates, iseloomustatakse õhuniiskust suhtelise niiskuse, mitte absoluutse niiskuse abil. **Suhteline** ehk **relatiivne niiskus** näitab, kui suure osa õhus olev veeauru hulk moodustab sellest veeauru hulgast, mis antud temperatuuril õhus üldse saaks olla. Seda suurimat võimalikku absoluutset niiskust nimetatakse **küllastavaks niiskuseks**. Veeauru hulga edasinsel suurendamisel hakkab aur kondenseeruma ja tekib kaste.

Näiteks, olgu õhu igas kuupmeetris 4,7 g veeauru ($t = +10$ °C). Sellel temperatuuril on aga küllastav niiskus 9,4 g/m³. Järelikult on suhteline niiskus (tähis on r):

$$r = \frac{4,7}{9,4} = 0,5.$$

Tavaliselt antakse suhteline niiskus protsentides, seega meie näites on õhuniiskus 50%. Kui õhus ei ole üldse veeauru, on suhteline niiskus 0%, kui aga õhus on maksimaalne hulk veeauru, on õhuniiskus 100%.

Inimesel on mõnus olla, kui õhuniiskus on vahemikus 50 – 60 %.

Küsimused

1. Miks me kuuma ilmaga higistame?

2. Miks kiirkeedupotis toit valmib rutem kui tavalises potis?
3. Kuidas me saame olla saunalaval, kui seal on temperatuur üle 100 °C?
4. Miks koerad ajavad palavaga keele suust välja?
5. Tükk jääd, mille temperatuur oli 0 °C asetati vette, mille temperatuur oli ka 0 °C. Mis juhtus jääga?
6. Sügisel jäätuivad tiigid varem kui jõed või ojad. Miks?
7. Miks kraanist väljuv veenire läheb järjest peenemaks?
8. Selgitage Bernoulli võrrandi abil majakatuste ärarebimist orkaanide ajal.
9. Kas niiske õhu tihedus on väiksem või suurem kui kuival õhul?
10. Miks talvel õuest tuppä minnes prillikliksid muutuvad uduseks, aga suvel seda ei juhtu?

Raudvara

Aine võib olla ühes kolmest agregaatolekust: tahke, vedel, gaasiline.

Tahkes olekus aine säilitab oma kuju ja ruumala.

Tahkes olekus võib aine olla kindla struktuuriga (kristall) või struktuuritu (amorfne).

Vedelas olekus aine ehk vedelik on voolav, võtab anuma kuju ja pole kokkusurutav.

Gaasilises olekus on aine voolav, täidab kogu anuma, milles ta asub ja on kokkusurutav.

Voolamine võib olla kas laminaarne või turbulentne.

Üks aine olek võib teiseks üle minna.

Sulamisel, aurustumisel ja sublimatsioonil tuleb ainele soojust juurde anda.

Tahkestumisel, kondenseerumisel ja härmatumisel eraldub aineest soojust.

Sulamine, tahkestumine ja keemine toimuvad kindlatel temperatuuridel.

Absoluutne niiskus näitab, mitu grammi vett sisaldab 1 m³ õhku.

Suhteline niiskus näitab, kui suure osa õhus olev veeauru hulk moodustab küllastavast niiskusest.

10. Võnkumine ja laine

10.1. Võnkumine

Mis on **võnkumine**? See on mingi keha korrapärane edasi-tagasi liikumine ühe punkti ümber piki kindlat trajektoori. Punkti, mille ümber võnkumine toimub, nimetatakse **tasakaaluasendiks**. Selles asendis võib keha seista välisjõudude puudumisel kuitahes kaua.

Probleem. Ka ekspressbuss liigub korrapäraselt ümber liini keskpunkti edasi-tagasi piki kindlat trajektoori. Kas liinibuss võngub?

Võnkumise perioodilisust kirjeldatakse ajaga, mis kulub võnkuval kehal ühe täisvõnke tegemiseks (liikumiseks "sinna ja tagasi"). Seda aega nimetatakse **perioodiks** ja selle pöördväärtust **sageduseks**. Siit järeldub, et perioodi mõõdetakse ajaühikutes, näiteks sekundites, aga sagedust ajaühiku pöördväärtustes, milleks on 1/s. Sellise ühiku nimetuseks on **herts (Hz)**, mis näitab ajaühikus sooritatud võngete arvu. Võnkumise ulatust kirjeldab **amplituud**, mis on võnkuva keha maksimaalne kaugus tasakaaluasendist. Vahepealseid kaugusi iseloomustavat suurust nimetatakse **hällbeks**. Kui võnkumiste amplituud ei muutu, siis öeldakse, et võnkumised **ei sumbu**. Tuleb kindlasti rõhutada, et hällve muutub kogu aeg, aga amplituud võib olla ka muutumatu (või selleks lugeda, kui sumbumine on väike).

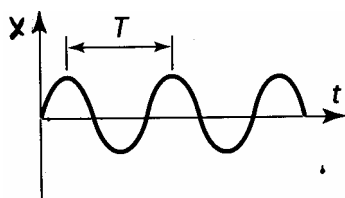
Võnkumiste uurimiseks on sobiv kasutada mingit **pendlit**. Selleks võib olla näiteks niidi otsa riputatud raske keha, mis tõmbab niidi sirgeks. On olemas ka nn **vedrupendleid**, milleks võib olla iga vedru otsa riputatud keha, mille mass on suurem vedru massist. Vedrupendleid me lähemalt ei uuri, küll aga matemaatilist pendlit. Kui niit on pikk ja väheveniv, keha aga väike ja raske, siis oleme valmistanud matemaatilise pendli mudeli. **Matemaatiline pendel** on definitsiooni järgi kaalutu ja venimatu niidi otsas rippuv punktmass. Kui viime pendli tasakaalust välja ja laseme selle lahti, siis hakkab pendel võnkuma. Raskusjõud püüab pendlikeha viia Maa keskpunktile võimalikult lähedale, kus oleks selle potentsiaalne energia minimaalne. Selline olukord vastab pendli vertikaalsele asendile ehk tasakaaluasendile. Kuid sinna jõudes on pendlil suur kiirus ja ta kihutab inertsi tõttu sellest asendist läbi ja tõuseb teiselpool peaaegu samale kõrgusele kui oli alguses. Päris täpselt samale kõrgusele ta muidugi ei tõuse, sest õhutakistuse ületamiseks tuleb teha tööd ehk kulutada energiat. Mingi arvu võngete järel jääb pendel oma tasakaaluasnedis vertikaalselt rippu.

Kui meil on kaks erineva pikkusega pendlit, siis pikema pendli võnkeperiood on suurem.

Katse kahe erineva pikkuse pendliga

Perioodide erinevus tuleneb sellest, et pikemal pendlil tuleb läbida ühe perioodi jooksul pikem tee, mis võtab rohkem aega.

Võnkuva keha hälbe muutusi ajas saab nii matemaatiliselt kui graafiliselt kirjeldada. Kui võnkeamplituud ja sumbuvus on väikesed, siis kirjeldab võnkuva keha liikumist siinus- või koosinusfunktsioon. Sellist võnkumist nimetatakse **harmooniliseks võnkumiseks**.

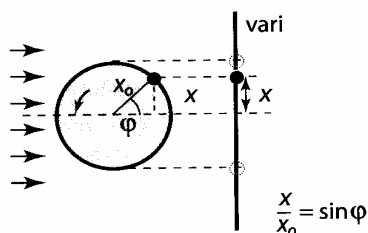


Joonis 10.1. 1. Võnkuva keha hälbe x muutub ajas siinusfunktsiooni kohaselt.

Harmooniliselt võnkuvateks võib pidada niidi otsas rippuvat kuuli ja vedrupendlit, kui ei arvesta õhutakistust ja energiakadusid deformatsioonile.

Puhast harmoonilist võnkumist näeme, kui jälgime ühtlaselt ringjoonel liikuva keha variprojektsiooni.

Liikugu mingi punktmass ühtlaselt ringjoonel raadiusega x_0 , nurkkiirus olgu ω . Projekteerime selle liikumise vertikaalsele x -teljele.



Joonis 10.1.2. Ringjoonel liikuva punktmassi variprojektsioon vertikaalsele x -teljele paralleelsete horisontaalsete valguskiirte abil.

Sellisel juhul hakkab punktmassi projektsioon võnkuma piki x -telge $-x_0$ ja x_0 vahel. Punktmassi projektsiooni asendit kirjeldab kaugus tasakaalu asendist $x = x_0 \sin \varphi$. Nurkkiiruse definitsioonist saame, et $\varphi = \omega t$.

Seega $x = x_0 \sin \omega t$.

See ongi harmoonilist võnkumist kirjeldav võrrand, kus

x – **hälve** (kaugus tasakaaluasendist), x_0 – **amplituud** (maksimaalne hälve) ja ω – **faas**, so. suurus, mis määrab võnkeoleku ja mille ühikuks on nurgajuhik – 1 radiaan.

10.2. Laine

Kui pendli asemel panna võnkuma mingi keskkonna osakesed, siis osakestevaheliste jõudude tõttu hakkavad võnkuma ka naaberosakesed, seejärel nende naaberosakesed ja nii levib võnkumine ruumis edasi. Võnkumiste levimine ruumis on **laine**.

Katse Sõrme võngutamine vees ja laine levimine veepinnal.

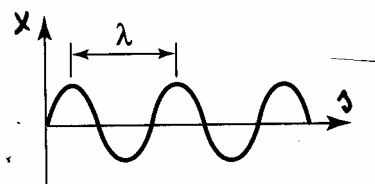
Võnkumised saavad levida kahel erineval viisil. Ühel juhul võnguvad osakesed risti laine levimise suunaga. Siis on tegemist **ristlaine**ga. Teisel juhul võnguvad osakesed piki laine levimise suunda. Sel juhul tegemist **pikilaine**ga. Tuntuimaks ristlaine näiteks on lained veepinnal. Pikilaineid saab näidata elastse vedru ehk *Slinky* abil, kui selle üks ots kuhugi kinnitada ja teist otsa perioodiliselt liigutada vedru sihis edasi-tagasi. Lainete korral on oluline see, et keskkond, milles laine levib, ei kandu lainega kaasa.

Katse Rist- ja pikilaine jälgimine.

Lainet iseloomustatakse ka **sagedusega** nagu võnkumisigi. Laine sagedus on võrdne seda põhjustava võnkumise sagedusega. Aega, mille jooksul võnkuv osake teeb ühe täisvõnke, nimetatakse **perioodiks**.

Teepikkust, mille laine läbib ühe perioodi jooksul, nimetatakse **lainepikkuseks**. See on võrdne kahe samas võnkeolekus naaberpunkti vahelise kaugusega.

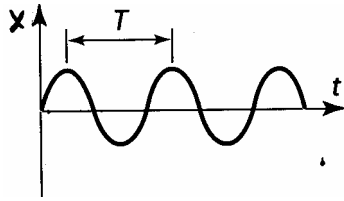
Laine on ajas perioodiline nagu võnkuminegi. Kuid lisaks on laine perioodiline ka ruumis. Toodud graafikul on näidatud hälbe x suurused, olenevalt sellest, kui suur on kaugus s laineallikani. On näidatud ka lainepikkus λ .



Joonis 10.2.1. Hälbe x sõltuvus laineallika kaugusest s harmoonilises laines.

Laine ruumilist perioodilisust kirjeldava graafiku (joon. 10.2.1.) saaksime, kui pildistaksime küljelt veelaineid ja mõõdaksime ära veetaseme kõrgused erinevatel kaugustel mõõtelatist.

Laine ajalist perioodilisust aitab ette kujutada veelainete mõõtmine mõõdulati abil. Toetame mõõdulati veekogu (näiteks mere või järve) põhja ja mõõdame kindlate ajavahemike järel veetaseme kõrguse x nullnivoo suhtes, milleks on veetase siis, kui veepind ei laineta. Kui tulemused graafikuna esitame, saamegi sellise graafiku nagu on toodud joonisel 10.2.2.



Joonis 10.2.2. Hälbe x sõltuvus võnkumise ajast t .

Laine levimist iseloomustab ka laine kiirus. Kiirus on võrdne keha poolt ajaühikus läbitud teepikkusega. Kuid laine on ju pidev, kus seal keha on? Polegi. Mõõtmiseks tuleks lainele “märk külge panna” ja mõõta selle märgi liikumise kiirust. Tegelikult ongi lainel märgid küljes: need on iseäralikud punktid, näiteks laine hari või põhi. Kui lainehari läbi s meetrit t sekundiga, siis on kiirus $v = s/t$.

Kui $t = T$, siis $s = \lambda$ ja $v = \lambda T$.

Heli

Heli on nähtus, mis on seotud nii võnkumiste kui lainetega.

Alustuseks täpsustame mõisteid **heli** ja **hääli**. Inimkõrvale kuuluvat heli nimetatakse hääleks. **Heli** on laiem mõiste, sisaldades ka inimesele kuulmatuid laineid: ultraheli ja infraheli. Inimene kuuleb helisid, mis jäävad sageduste vahemikku 20 Hz kuni 20 kHz⁴. Loomulikult kuulevad erinevad inimesed veidi erinevalt.

Väiksema sagedusega helisid kui 20 Hz nimetatakse **infraheliks**. Suurema sagedusega helisid kui 20 kHz nimetatakse **ultraheliks**.

****Tooge näiteid infra- ja ultraheli kohta.*

Heli tekib mitmeti. Seda võib tekitada näiteks inimene, pillikeel, õlitamata uksehing, automootor. Kuid mis on nende nähtuste korral ühine, mis määrab ära heli tekkimise? Sellele küsimusele polegi lihtne vastata, sest heli me kuuleme, aga ei näe mis toimub. Sellepärast tuleks teha mingi selline **katse**, kus me teeme midagi niisugust, mille tulemusena tekib heli ja millel on üks kindel põhjus, mida me näeme.

Selliseks katseks on vaja ca 30 cm pikkust metalljoonlauda. Hoiame seda ühest otsast ja painutame teist otsa ning laseme selle lahti. Joonlaud hakkab võnkuma, kuid mingit heli me ei kuule.

Nüüd surume joonlaua ühe käega vastu lauda nii, et üle laua ääre jääks ca 10 cm joonlauast. Painutame nüüd joonlauda ja laseme lahti. Joonlaud hakkab jälle võnkuma, kuigi seda on juba raskem märgata, aga me kuuleme ka heli. Järelikult heli tekitab võnkumine või nagu ka öeldakse: võnkuv keha on **heli allikas**.

Probleem. Miks me ei kuulnud 30 cm joonlaua võnkumisel heli?

Heli allikas võngub, aga kuidas heli allikast meie kõrva jõuab? Ehk teisiti: kuidas võnkumised ruumis levivad? On teada, et heli levib ruumis lainena, näiteks õhus pikilainena. Saab näidata, et võnkuv keha tekitab laineid, kui näiteks sõrme vees üles-alla võngutada. Aga kuidas teha helilaine nähtavaks, see pole just lihtne ülesanne. Heli levimise mõistmiseks teeme **mõttelise katse**. Kujutame ette pikka koridori, mille ühes otsas on uks ja teises otsas lahtine aken, mille ees on kardin (joonis tahvlile). Kui koridori uks kiirelt avada, siis uks lükkab õhu molekule akna poole, need jälle ettejäänuid ja nii kuni kardinani. Lõpuks lendab kardin aknast õue. Kui uks järsku kinni panna, siis tekib ukse taha hõredam õhk ja akna poolt hakkavad õhu molekulid

⁴ Tavaliselt pakutakse alumiseks sageduspiiriks 16 Hz, aga meelepidamise lihtsustamiseks on meil selleks võetud 20Hz.

liikuma hõredamasse piirkonda. Mis juhtub kardinaga? Kardin tuleb koridori sisse. Kui nüüd ust hakata kinni-lahti tegema, siis mis juhtub kardinaga? See hakkab sisse-välja võnkuma. Kuidas ukse võnkumised kardinani jõudsid? Läbi õhu levivate võnkumiste, ehk **lainetena**.

Probleem. *Kuidas demonstreerida heli lainelist olemust?*

Helilainetel on kõik lainete omadused, st nad võivad peegelduda, murduda, interfereeruda, difrageeruda (nurga taha levida). Kuna lainete omadusi õpitakse lähemalt tundma alles gümnaasiumis, siis siinkohal me neist palju rohkem ei räägi. Ütleme ainult niipalju, et peegeldunud häält nimetatakse **kajaks**.

Heli levib keskkonnaosakeste pörgete vahendusel. Sellest võib järeldada, et õhutühjas ruumis heli ei levi.

Katse *elektrikell vaakumkupli all.*

Kui heli levib osakeste pörgete abil, siis ilmselt on heli kiirus osakeste liikumise kiirusest. Toatemperatuuril on näiteks heli kiirus õhus 340 m/s. Tihedamates ainetes on kiirus suurem, näiteks vees on heli kiirus 1440 m/s ja rauas ca 5000 m/s. Mida madalam on temperatuur, seda aeglasemalt heli levib. Absoluutse nullkraadi juures on ka heli kiirus võrdne nulliga.

Heli üks tähtsamaid iseloomustajaid on heli kõrgus. Uurime, millest on heli **kõrgus**. Selleks on meil kaks võimalust: kas muuta heliallika sagedust või amplituudi. Kordame katset metalljoonlauaga. Hoia me joonlaua võnkuma osa pikkuse muutumatuna ja ükskord paneme selle võnkuma suure amplituudiga ja teinekord väikese amplituudiga. Mõlemal korral kuuleme ühesuguse kõrgusega heli. Järelikult heli kõrgus ei olene võnkeamplituudist. Küll aga on heli **valjus** heliallika võnkeamplituudist.

***** Tooge näiteid, kus heli valjus on allika võnkeamplituudist.**

Tuleme tagasi oma katse juurde. Kui joonlaua võnkuma osa pikkust muuta, näiteks üha lühendada, siis järjest halvemini on näha võnkuvat joonlaua osa, sest võnkesagedus suureneb. Sellega kaasneb ka heli kõrguse tõus. Sama seaduspärasust võib täheldada ka automootori korral, kui tõsta tuure (seda näitab tahhomeeter), siis muutub ka mootori hääl kõrgemaks.

Järelikult tundub heli seda kõrgem, mida suurem on võnkesagedus.

Kui on võimalik kasutada monohordi või mõnd keelpilli, siis saab näidata, et heli on seda kõrgem, mida lühem ja peenem on heli tekitav pillikeel. Sel juhul on keel kerge, inertsus väike ja võnkesagedus suur. Pikkadel ja jämedatel keeltele on suurem mass ja inertsus ning vastvalt ka võnkesagedus väiksem.

Heli kõrgus on ka keelt pingutavast jõust. Pillikeele pingutamine tõstab tekkiva heli sagedust.

Heli kõrgus on ka sellest, kas allikas liigub vastuvõtja suhtes või ei. Allika lähenemisel on heli kõrgem ja eemaldumisel muutub madalamaks. Seda võib märgata näiteks sireeniga sõitva kiirabi auto möödumisel.

Nähtuse mõistmiseks kujutame ette, et heliallikas saadab välja lühikesi perioodilisi heliimpulsse. Kui allikas läheneb, siis impulsside vaheaeg lüheneb, sest kahe impulsi vahepeal liigub allikas vastuvõtjale lähemale. See tähendab perioodi lühenemist, millele vastab sageduse suurenemine ja heli kõrgenemine. Mida suurem on kiirus, seda kõrgemaks muutub heli

Heli kõrguse olenevuse allika liikumisest avastas Christian Doppler 1842.a. ja seda nähtust nimetatakse **Doppleri efektiks**.

1) Helidel on erinevad kõrgused

Missuguse sagedusega helisid inimene kuuleb? Inimese kõrv kuuleb helisid sageduste vahemikus 16 Hz kuni 20 kHz (20 000 Hz).

Nahkhiired kasutavad ultraheli kajalokaatorina, sagedus on 30 kHz ...70 kHz, impulsi kestus 10 ms ... 20 ms. Ööliblikad tekitavad ka ultraheli ja kasutavad seda akustilise mimikrina kaitseks nahkhiirte eest. Infraheli toimib inimesele (ohtlik sageduste vahemik 8 – 12 Hz), tekitades ärevust, hirmu ja väsimust. Põhjuseks peetakse inimese organite kaasavõnkumist helile (resonantsi).

Heliallikas	Sageduste vahemik (Hz)
Bassilaulja	60 ... 320
Bariton	100 ... 400
Tenor	120 ... 500
Alt	150 ... 600
Sopran (koloratuur)	250 ... 1000 (1500)
Vaskpillid (tuuba ... flööt)	50 ... 2700
Puupillid (fagott ... klarnet)	60 ... 2100
Keelpillid (kontrabass ... viiul)	40 ... 2800
Klaver	27 ... 4186

2) Helidel on erinevad valjused

Millest oleneb heli **valjus**? Selles osas on meil vist elukogemused olemas. Kui tahad trummist kõvemalt matsu saada, tuleb kõvemini lüüa, kui tahad, et sinu koputust uksele kuuldakse paremini, tuleb lüüa kõvemini. Mida tähendab füüsika keeles *kõvemini*? See tähendab, et deformatsioon on suurem ehk heliallikas viiakse kaugemale oma tasakaaluasendist. See aga tähendab võnkeamplituudi suurenemist. Heli on seda valjem, mida suurem on amplituud, sest siis on suurem ka laine energia.

Heli **valjust** L mõõdetakse **detsibellides**. $L = 10 \log I/I_0$ (dB), kus I on uuritava heli intensiivsus ja I_0 on kuuldelävele vastav intensiivsus, st minimaalne kuulmisaistingut tekitava heli intensiivsus ($I_0 = 10^{-12} \text{ J/m}^2 \cdot \text{s}$). Intensiivsus näitab heli energiat, mis ajaühikus langeb pinnahikule.

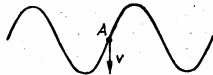
Helivaljuste skaala:

- käekella tiksumine kõrva juures.....20 dB
- arvuti ventiaatori sahin30 dB (*pianissimo, pp*)
- tavaline kõne60 dB
- kisamine.....80 dB (*fortissimo, ff*)
- pop-ansambli muusika.....100 dB
- reaktiivlennuki startimine (30 m).....120 dB
- ansambel Grand Funk Rayroad.....130 dB (**valulävi**)
- nahavigastused.....150 dB

- surmavad vigastused.....180 dB
- surm.....200 dB

Küsimused

1. Kui suur on võnkuva keha sagedus ja periood, kui see keha teeb 10 sekundi jooksul 20 täisvõnget?
2. Kui keskkond ei kandu lainega kaasa, kuidas siis seletada asjade merest kaldale uhtumist?
3. Millises suunas liigub joonisel näidatud laine?



4. Kuidas määrata, kui kaugel meist välku löi?
5. Miks madalamatel temperatuuridel heli aeglasemalt levib?
6. Kuidas määrata kaja abil kaugust heli peegeldava objektini (mets, mägi, vms)?
7. Kas publiku "lained" staadionil on risti või pikilained?
8. Kuidas liigub niidi otsas võnkuv mutter pärast seda, kui niit läbi lõigata hetkel, kui mutter läbib tasakaalu asendit?
9. Kes lehvitab tiibu kiiremini, kas sääsk või kärbes?

Raudvara

Võnkumine on perioodiline edasi-tagasi liikumine tasakaaluasendi ümber.

Võnkuva keha perioodi mõõdetakse sekundites, sagedust pöördsekundites ehk hertsides, amplituudi meetrites.

Mida pikem pendel, seda pikem võnkeperiood.

Laine on võnkumiste levimine.

Ristlainete korral võnguvad keskkonna osakesed risti laine levimise suunaga, pikilainete korral piki laine levimise suunda.

Laine ei kannu endaga keskkonda kaasa.

Hääl on kuuldav heli.

Suuremale võnkesagedusele vastab kõrgem heli.

Heli kiirus on keskkonna temperatuurist ja on seda suurem, mida kõrgem on temperatuur.

Heli kõrgus on heliallika mõõtetest ja on seda suurem, mida lühem ja kergem on heliallikas.

Tajutava heli kõrgus on sellest, kas heliallikas liigub või seisab paigal vastuvõtja suhtes.

Heli valjus on heliallika võnkeamplituudist.

11. Elekter ja magnetism

11.1. Elektrilaengud

Kõik me oleme kasutanud sõna *elekter*. Kui järsku toas pimedaks läheb, arvuti ja teler ära kustuvad, siis öeldakse: "Elekter läks ära!". Pea kõik masinad kodus käivad elektriga: pesumasin, nõdepesumasin, tolmuimeja, külmkapp, mikser jne. Kord kuus

tuleb ka elektri eest maksta. Aga mis on **elekter**? Selle üle me tavaliselt ei mõtle, sest see on ju igapäevane asi ja mis siin ikka mõelda on.

Aga miks siis ikkagi mõnikord “läheb elekter ära”? Vastuse leidmiseks peame kindlaks tegema, kuidas elekter meie juurde pääseb. Kui vaatame oma arvutit või laualampi, siis on näha, et neist läheb mingi juhe seinakontakti. Arvata võib, et seinakontaktist elekter tulebki. Kas juhtmed on seest õõnsad, et seinakontaktist saab mööda seda elekter lampi või arvutisse? Aga kui juhtmeid ja pistikuid lähemalt uurida, siis selgub, et need on metallist ja seest täis, seda kaudu ei tohiks küll midagi edasi kanduda. Kuid just mööda metalli elekter edasi kandubki. Öeldakse, et metallid juhivad elektrit.

See juhtmete uurimine meid targemaks ei tee ja me peame alustama mujalt.

Tuletame meelde, kas me oleme elektriga kuskil mujal kui kodumasinates või lampides kokku puutunud?

Arvatavasti olete kogenud, et mõnikord, kui kampsun kiiresti üle pea ära tõmmata, võib kuulda kerget raginat ja pimedas näha ka väikesi valgussähvatusi. Need pole midagi muud kui väikesed välgid. Teinekord jälle kisub seelik hirmsasti jalgade vahele nagu häbeliku koera saba. Või kui oma hästi puhtaid juukseid kammida, siis need ei taha kammist enam lahti lasta. Kõik need nähtused on tingitud elektrist, täpsemalt **hõõrdeelektrist**.

***Katse.** Hõõrume täispuhutud õhupalli vastu oma kuivi juukseid ja lähendame palli laual olevatele paberitükikestele.*

Näeme, et paberitükid hüppavad palli külge. Kui palli pole eelenevalt hõõrutud, siis sellist nähtust ei esine. Järelikult omandas õhupall hõõrumise käigus midagi, mida tal enne ei olnud. Seda miskit, mis põhjustab paberitükikeste külgetõmbumist, nimetatakse **elektrilaenguks**. Seda keha, millel on elektrilaeng, nimetatakse **elektriliselt laetud kehaks** ehk lihtsalt laetud kehaks.

***Probleem** Milliseid kehasid saab veel hõõrudes elektriliselt laadida?*

Selgub, et näiteks plastjoonaluda saab laadida, kui seda hõõruda riide või paberiga, aga puitjoonlauda ei saa. Samast materjalist kehade hõõrdumine ei põhjusta elektriseerumist.

Kas me oskame kehade laadumist seletada? EI OSKA. Ilmselt tuleb veel katseid teha.

Edasi kasutame katsetes juba ammustest aegadest tuntud hõõrdelektri saamise viise.

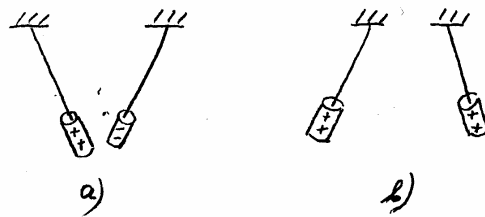
Kasutame klaaspulka või toru, mida hõõrume siidriidiga ja eboniitpulka, mida hõõrume villase riidega.

***Katse.** Statiivide küljes ripuvad niitide otsas alumiiniumfooliumist silindrid, mida saab elektriseeritud kehadega laadida.*

Mõnikord silindrid tõmbuvad, teinekord tõukuvad.

Ilmselt on siis kaht liiki laetud kehi. Ja selle põhjuseks on, et eespool mainitud elektrilaenguid, mis põhjustavad kehade laadumise, on kaht liiki. Laengute eristamiseks on hakatud üht liiki laenguid nimetama **positiivseteks laenguteks (+)** ja teist liiki **negatiivseteks laenguteks (-)**. See ei tähenda, et ühed laengud oleks paremad kui teised, lihtsalt nimed on sellised.

Kui on olemas elektrofoormasin ja “sultanid”, saab tõmbumist ja tõukumist paremini uurida (näiteks olenevust kehadevahelisest kaugusest).



Joonis 11.1. 1. Erinimeliselt laetud kehad tõmbuvad (a) ja samanimeliselt laetud kehad tõukuvad (b).

Küsimus. Kas hõõrumisel laaduvad mõlemad kehad? Kui laaduvad, kas siis sama- või erimärgiliselt?

Küsimusele vastamiseks teeme katse. Kui katsed läbi teha, siis selgub, et mõlemad kehad laaduvad ja sealjuures erimärgiliselt.

Probleem. Kuidas me teame, et on olemas ainult kahte liiki laenguid?

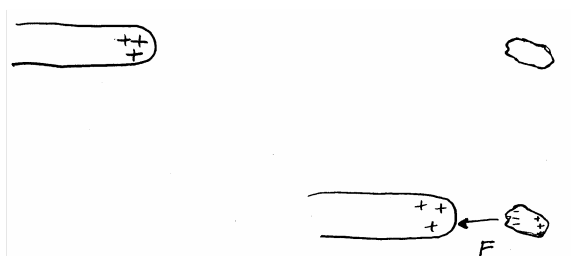
Kõikides ainetes on nii positiivse kui negatiivse laenguga osakesi. Positiivse laenguga osakesed, prootonid on aatomi tuumas ja ei saa vabalt liikuda. Negatiivse laenguga osakesed, elektronid on aatomis tuuma ümber või liiguvad aines vabalt ringi. Aatomis hoiab neid prootonite positiivse laengu külgetõmme. Laadimata kehas on alati ühepalju prootoneid ja neutroneid. Kuna nii prootoni kui elektroni laengute suurused on täpselt võrdsed, ainult vastandmärgilised, on ka keha kogulaeng sel juhul võrdne nulliga.

Kui kehade kokkupuutel esimeselt kehalt läheb teisele üle elektrone, siis esimene keha laadub positiivselt ja teine negatiivselt. Kehade kokkupuutel ei saa prootonid minna ühelt kehalt teisele.

Probleem. Kui elektronid võivad kehade kokkupuutumisel ühelt kehalt teisele üle minna, miks siis kehade elektriseerimiseks neid hõõruma peab?

Kas me nägime oma katsetes elektrilaenguid ja nende liikumist? EI NÄINUD. Aga erinimeliste laengute ja nende liikumisega on võimalik katsetulemusi seletada.

Elektriseeritud keha tõmbab ligi ka laadimata kehasid, näiteks paberitükikesi. Seda seletatakse **elektrostaatilise induktsiooni** nähtusega. Laetud keha elektriväli nihutab laadimata kehas olevad vastasmärgilised laengud pisut endale lähemale (vt joonist). Sellega tekib laadimata keha ja laetud keha vahel tõmbejõud. Tõukejõud ei saa aga kuidagi tekkida.



Joonis 11.1.2. Tõmbejõu F tekkimine laetud pulga ja laadimata keha vahel.

Küsimused

1. Miks peab kehi elektriseerimiseks hõõruma?
2. Miks ühesugusest materjalist kehade hõõrdumisel kehad ei elektriseeru?
3. Kas üks ja sama keha laadub hõõrumisel alati ühesuguse laenguga, näiteks positiivselt?

4. Kas on võimalik hõõrdumise teel saada ainult ühenimelist laengut?
5. Kas laetud keha võib laadimata keha endast eemale tõugata. Miks?

Raudvara

Hõõrdumisel kehad võivad elektriseeruda.

On olemas kaht liiki elektrilaenguid: positiivseid ja negatiivseid.

Hõõrdumisel laaduvad kehad erimärgiliselt, sest tiheda kontakti korral lähevad üht liiki laengud ühelt kehalt teisele.

Ühenimelised laengud tõukuvad, erinimelised tõmbuvad.

Laadimata kehas on alati ühesugune arv positiivselt ja negatiivselt laetud osakesi.

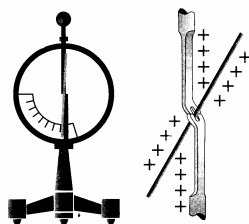
Hõõrdumisel lähevad ühelt kehalt teisele üle ainult elektronid.

11.2. Elektrijuhid ja mitteelektrijuhid

Miks kasutatakse elektrijuhtmetena metalltraate, aga mitte näiteks plastmassist paelu?

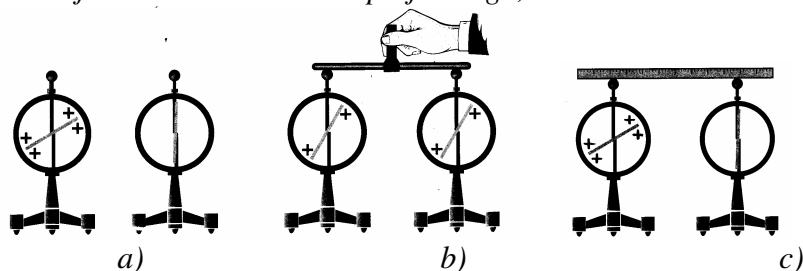
Sellele küsimusele oskavad vist kõik vastata: sellepärast, et plastmass ei juhi elektrit, aga metall juhib. Mida see tähendab? Seda on juba keerulisem ilma katseteta seletada.

Katsetes kasutame riista, mida nimetatakse **elektroskoobiks** ja mis lubab kindlaks teha, kas keha on laetud või ei. Elektroskoobi töö põhineb samanimeliste laengute tõukumisel. Riista põhiosaks on metallist varras koos osutiga. Varda ots on toodud riista korpusest välja ning selle puudutamisel laetud kehaga laaduvad nii varras kui osuti ühenimeliste laengutega. Selle tulemusena osuti otsad tõukuvad vardast eemale. Mida rohkem on osuti kõrvale kaldunud, seda suurem laeng on.



Joonis 11.2.1. Laadimata elektroskoop (vasakul) ja osuti kõrvalekalle elektroskoobi laadimisel (paremal).

***Katse.** Ühendame laetud ja laadimata elektroskoobi omavahel üks kord metalljoonlauaga ja teine kord puust joonlauaga. Katse õnnestumiseks tuleb metalljoonluda hoida mitte palja käega, vaid kinnastatud käe või pesulõksuga.*



Joonis 11.2.2. Laetud ja laadimata elektroskoop (a), elektroskoobid on ühendatud metalljoonlauaga (b), elektroskoobid on ühendatud puitjoonlauaga (c).

Näeme, et metalljoonluda korral läheb laeng ühelt elektroskoobilt teisele, puitjoonluda korral ei lähe. Ilmselt on ainetel erinevad elektrilised omadused. Metall juhtis elektrilaengu ühelt elektroskoobilt teisele, puit ei juhtinud. Siit võib teha järelduse, et ühed ained juhivad elektrit, teised mitte. Esimesi nimetataksegi **juhtideks** (näiteks metallid), teisi nimetatakse **mittejuhtideks** ehk **isolaatoriteks** (näiteks puit).

Erinevad omadused tulenevad ainete ehitusest. Metallides on palju vabu elektrone, sest iga aatomi valentselektronid (tuumast kõige kaugemad elektronid) on muutunud vabadeks elektronideks. Näiteks 1 cm³ metalli sisaldab ca 10²³ ...10²⁴ vaba elektroni. Need saavad liikuda ühelt kehalt teisele ja põhjustada teise keha laadumise. Isolaatorites on aga vabu laengukandjaid võrreldes metallidega väga vähe. Erinevused on rohkem kui miljardikordsed (10⁹).

Juhtideks on kõik ained, kus on laetud osakesi, mis saavad vabalt liikuda. Nendeks on lisaks metallidele ka mõned vedelikud, näiteks elektrolüütide vesilahused⁵, inimese kehavedelikud. Ka õhk võib elektrit juhtida, kui selles on laetud osakesi (ioonid, elektronid).

Isolaatoriteks on kõik ained, kus pole vabu laengukandjaid. Nendeks on näiteks plastmassid, mineraalid, ka puhas vesi.

Küsimused

1. Kas keha mass oleneb keha elektrilaengust? Miks?
2. Miks kaob laeng elektrokoobilt, kui selle varrast puudutada käega?
3. Kuidas seletatakse juhtide elektrijuhtivust?
4. Kuidas seletatakse isolaatorite mitte-elektrijuhtivust?
5. Head elektrijuhid on ka head soojusjuhid. Miks?
6. Hõõrume täispuhutud õhupalli vastu oma juukseid ja asetame siis palli vastu ust või seinu. Pall jääb sinna kinni. Miks?

Raudvara

Elektroskoop on riist, mis lubab kindlaks teha, kas keha on elektriliselt laetud või mitte.

Aineid jaotatakse elektrijuhtivuse järgi juhtideks ja isolaatoriteks.

Juhtideks on kõik ained, kus on laetud osakesi, mis saavad vabalt liikuda.

Isolaatoriteks on kõik ained, kus pole vabu laengukandjaid.

11.3. Elektrivool

Vool tähendab tavakeeles, millegi kindlasuunalist ja pidevat liikumist. Näiteks vesi voolab jões. Kui räägitakse elektrivoolust, kas siis võib öelda, et elekter voolab juhtmes? Võib küll, kui elektri all silmas pidada vabu elektrilaenguid. Me juba teame, et vabadeks laengukandjateks on ainult elektronid, siis võib ka öelda, et elektrivool on elektronide voolamine ehk suunatud liikumine.

Aga mis paneb elektrilaengud juhtmes liikuma? Vesi jões voolab kõrgemalt madalamale ja seda sunnib tegema raskusjõud. Kuna laengud juhtmes liiguvad, siis peab ka neile mõjuma mingi jõud. Nimetame seda laenguid liikumapanevat jõudu **elektrijõuks**. Mis see täpsemalt on ja millest sõltub, seda õpime nii põhikooli kui gümnaasiumi füüsikas. Praegu lepime lihtsalt sellega, et sellist jõudu saab tekitada vastavate seadmetega, mida nimetatakse **vooluallikateks**. Selleks võib olla näiteks taskulambi patarei, auto aku või elektrigeneraator elektrijaamas.

⁵ Elektrolüüdi vesilahuses on lahustunud ained lagunened positiivseteks ja negatiivseteks ionideks.

Kuidas elektronid juhtmes liiguvad? Liiguvad kõik juhtmes olevad elektronid, sest elektrijõud mõjub kõigile elektrilaenguga kehadele. Seega liigub kogu elektronide hulk juhtmes elektrijõu mõjul kindlas suunas. Lisaks suunatud liikumisele võtavad elektronid osa ka soojusliikumisest, mis on kaootiline liikumine. Seega elektronid liiguvad juhtmes elektrivoolu korral nii kindlas suunas kui ka läbisegi kõikides suundades.

Kuidas seda ette kujutada? Olukord on sarnane sellega, mis toimub suviti Emajões. Siis on seal ujujaid, kes ujuvad juhuslikes suundades, kuid samal ajal liiguvad kõik koos jõeveega Võrtsjärvest Peipsi poole. Ka siin võtavad ujujad osa korraga kahest liikumisest: kaootilisest ja suunatud. Kui ujujate asemel ette kujutada elektrone ja jõe asemel juhet, siis saamegi ettekujutuse elektrivoolust.

Elektrijõudu tekitab vooluallikas. Vooluallikat iseloomustab pinge, mis tekitabki elektrijõudu.

Pinge on füüsikaline suurus, mille ühikuks on 1 **volt** (V). On erinevate pingetega vooluallikaid. Taskulambipatarei pinge on 1,5 V, auto akul 12 V, elektrijaama generaatori pinge on 220 V. Selline pinge on meie kodu või kooli seinakontaktides ka. Kuid on veel palju kõrgemaid pingeid. Näiteks kõrgepinge liinides võib pinge olla sadu tuhandeid volte. Välgu korra paneb elektrilaengud liikuma pinge pilve ja maa vahel, mis võib olla tuhandeid miljoneid volte. Madalad pinged on ohutud, näiteks taskulambipatarei klemme või aku klemme võib katsuda palja käega, aga juba seinakontakti ei tohi minna niisama torkima, võib saada sellise elektrilöögi, mis võib ka surmaga lõppeda.



Joonis 11.3.1. Ohutuse tagamiseks on kõrgepingeliinid kõrgete mastide külge kinnitatud.

Elektrivoolu toime ei olene ainult pingest. Oluline on see, kui palju elektrone ajahühikus läbi juhtme läheb. Seda kirjeldab **voolutugevus**, mille mõõtühikuks on 1 **amper** (A). Voolutugevus on nii pingest, kui ka sellest juhust, kus elektronid liiguvad. Mida lühem ja jämedam on juhe, seda suurem on voolutugevus. Nii on ju ka vee voolamise korral. Pikast ja kitsast kraavist läheb palju vähem vett läbi kui lühikesest ja laiast.

***Katse** Voolutugevuse olenevus juhi mõõtmetest.*

Voolutugevus on sellest, millisest materjalist on elektrijuhe valmistatud. Paremad on need juhtmed, kus on rohkem vabu elektrone. Selles mõttes oleks kõige parem kasutada hõbedast juhtmeid, kus on väga palju vabu elektrone. Kuid siis oleks juhtmed väga kallid ja neid varastataks kogu aeg. Sellepärast kasutatakse teisi metalle. Väga hea juht on näiteks vask, aga ka see on kaunis kallis. Tänapäeval kasutatakse elektrijuhtmetena põhiliselt alumiiniumist traate. Materjalide elektrijuhtivust iseloomustab füüsikaline suurus, mida nimetatakse **takistuseks**. Seda mõõdetakse oomides, ühikuks on 1 oom (1 Ω).

Juhi takistus on 1 oom, kui pinge 1 volt tekitab juhis voolutugevuse 1 amper.

Kuidas teada saada, kas juhtmes on elektrivool või ei? Kõige kindlam on mõõta pinget ja voolutugevust. Pinget mõõdetakse **voltmeetriga**, voolutugevust **ampermeetriga**. Kui pole vaja just väga täpseid mõõtmisi, siis kasutatakse universaalset mõõteriista, **multimeetrit** ehk **testrit**. Sellega saab mõõta nii pinget kui voolutugevust.

Voolu olemasolu juhtmes saab aga kindlaks teha ka ilma mõõteriistata. Põhjus on selles, et elektrivooluga kaasnevad kindlad nähtused, mida nimetatakse elektrivoolu toimeteks.

Soojuslik toime. Kui elektrivool läbib juhti, siis see soojeneb. Mõned juhid soojenevad rohkem, teised vähem. Seda elektrivoolu omadust kasutatakse näiteks elektripliitides või triikraudades. Soojenemine tuleb sellest, et juhtmes liiguvad elektronid põrkavad vastu juhi aine aatomeid ja annavad oma liikumise energia neile üle pannes need kiiremini võnkuma. See aga tähendab temperatuuri tõusu.

Keemiline toime. Voolu keemiline toime seisneb selles, et elektrivoolu läbi vedeliku juhtides eralduvad sellest koostisosad.

Katse voo läbi CuSO_4 (vaskvitriol) vesilahuse ja elektroodi kattumine vasega.

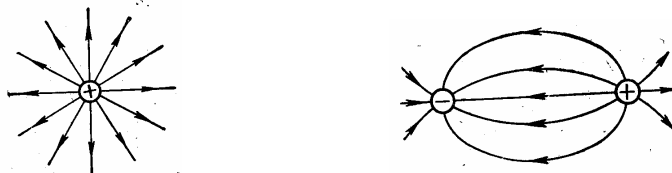
Magnetiline toime. Elektrivool tekitab enda ümber magnetvälja. Põhjuseks on looduses toimiv seaduspärasus, et liikuv elektrilaeng tekitab magnetvälja, mille olemasolu saab kindlaks teha kompassiga.

Katse Kui panna juhtme lähedale kompass ja jälgida, mis juhtub magnetnõelaga, siis on näha, et voolu sisselülitamisel magnetnõel kaldub oma esialgsest asendist kõrvale. Kui vool välja lülitada, siis võtab magnetnõel endise asendi tagasi.

Elektrilaengute ümber on alati **elektriväli**. Elektriväljas olevale laetud kehale mõjub alati mingi jõud. Selle jõu abil määratakse elektrivälja tugevust: mida suurem jõud on, seda suurem on ka elektrivälja tugevus.

Elektriväli ei mõju inimese meeleorganitele, st seda pole näha ega kuulda. Küll saab muuta nähtavaks elektrivälja jõujooni. Need on mõttelised jooned, mis näitavad elektrivälja suunda mingis ruumpunktis. Elektrivälja jõujooned algavad positiivselt laengult ja suunduvad negatiivsele laengule, selle puudumisel aga lõpmatusse. Mida tihedamalt jõujooni on, seda suurem on selles piirkonnas elektrivälja tugevus.

Katse Elektrivälja jõujooned üksiku laengu ja kahe laengu korral.



Joonis 11.3.2. Elektrivälja jõujooned ühe ja kahe laengu korral.

Küsimused

1. Kas metalli takistus suureneb või väheneb temperatuuri tõustes? Miks?
2. Kuidas mõjub laetud pulk magnetnõelale?
3. Miks klaas pole elektrijuht?
4. Kui juhis pole elektrivoolu, siis seal olevad vabad elektronid liiguvad kaaotiliselt soojusliikumise tõttu. Miks selle liikumisega ei kaasne magnetvälja tekkimine metalli ümber?

Raudvara

Juhis pannakse laetud osakesed liikuma elektrijõu toimetel, mida tekitab vooluallikas.

Pinget mõõdetakse voltides, voolutugevust amprites ja takistust oomides. Voolu olemasolu juhis saab kindlaks teha voolu toimete kaudu: soojenemine, ainete eraldumine, magnetiline mõju. Elektriväljas olevale laetud kehale mõjub alati mingi jõud. Elektrivälja jõujooned näitavad elektrivälja kuju ja tugevuse jaotust ruumis. Jõujoon näitab laengule antud ruumpunktis mõjuva jõu suunda.

11.4. Elektrienergia kasutamine

Elektrienergiat kasutatakse tänapäeval väga laialt. Meie käsitleme ainult elektrienergia kasutamist koduses majapidamises kütmiseks ja valgustamiseks. Millist energiat nimetatakse elektrienergiaks? Tuletame kõigepealt meelde, et energia on töö tegemise võime. Kui tööd tehakse elektrivoolu abil, siis räägitaksegi **elektrienergiast**.

Elektrivoolu tööd A mõõdetakse tarvitatud võimsuse N ja selleks kulunud aja t abil. Võimsus näitab ajaühikus tehtud tööd ja kui see korrutada töö tegemise ajaga, saamegi tehtud töö: $A = Nt$.

Kuna võimsust mõõdetakse vattides ja aega sekundites, siis tuleb töö ühikuks sellest valemist *vattsekund* (Ws). Kuid see on väga väike ühik, mis on näiteks võrdne energiakuluga, kui tavaline 100 W lamp põleb 0,01 sekundit. Sellepärast kasutatakse elektrienergia mõõtmiseks ühikut 1 kilovatt-tund (1kWh).

Elektrivoolu poolt tehtud töö pole nähtavas kooskõlas töö definitsiooniga, mille kohaselt peaks midagi nihkuma jõu toimel. Aga sisuliselt on töö ikka töö, ükskõik, kas seda teeb inimene või elekter.

Aga mida nihutab elektrijõud? Loomulikult elektrilaenguid juhtmetes ja tarvitites. **Tarviti** on mingi seade, kus elektrienergia muundub mingiks teiseks energialiigiks, näiteks soojuseks või valguseks: elektripliit või laelamp.

Miks kasutatakse elektrienergiat nii laialdaselt? Sellepärast, et elektrienergia on kergesti muundatav teisteks liikideks ja seda saab paljudest energialiikidest (kütustest, tuulest, veest, päikesest). Samuti on suhteliselt lihtne ja odav elektrienergia ülekanne. Puuduseks on see, et seda ei saa tagavaraks toota.

Elektriküte

Kütteseadmetena kasutatakse peamiselt kas radiaatoreid, konvektoreid, puhureid või põrandakütet

Elekterkütte **eelised** teiste kütteviiside ees:

- võimalus loobuda vee kasutamisest küttesüsteemis ja seega võimalike veekahjustuste välistamine küttesüsteemi raketel;
- väiksem tuleohus võrreldes kütuste põletamisega;
- kerge automatiseerimine ja reguleerimine;
- väikesed paigaldus- ja hoolduskulud;
- suur töökindlus;
- energiakulu täpse arvestamise võimalus.

Elekterkütte **põhipuudusteks** loetakse:

- elektrienergia kallidust,
- elektrijuhtmete vahetamist vastavalt suuremale võimsusele;

Valgustus

Eluruumide valgustamiseks kasutatakse hõõglampe, päevavalguslampe ja LED lampe.

Hõõglamp ehk kõnekeeles elektripirn, kus helendub klaaskkestas olev kõrge temperatuurini kuumutatud hõõgniit. Hõõgniit on valmistatud volframist ja selle temperatuur on umbes 2800 °C. Tarvitatud elektrienergiast muudetakse valguseks peaaegu 15%, ülejäänud energia eraldub soojusena. Valmistatakse ka nn halogeenlampe, mis on põhimõtteliselt ikka hõõglamp, ainult selle kolvis on halogeengas, mis takistab hõõgniidi aurumist ja pikendab nii lambi eluiga.



Päevavalguslamp ehk luminofoorlamp ehk luminescentslamp on pikk torukujuline lamp, mida oleme harjunud nägema ametiasutustes ja kauplustes. **Säästulambid** on tehnilises mõttes samad päevavalguslambid, aga toru on painutatud kõveraks ja paigutatud kompaktsel kujul tavalise hõõglambi pesasse keeratava sokli külge. Päevavalguslampil hõõgniit puudub. Valgus tekib gaaslahenduse abil – elektrivool läbib toru sees olevat spetsiaalset gaasisegu, mille üheks oluliseks komponendiks on elavhõbeda aur. Elektrivoolu toimel hakkab gaas helendma ja kiirgab ultraviolettkiirgust, mis langeb toru siseküljele kantud luminofoori kihile ja paneb selle helenduma. Päevavalguslampides muutub valguseks umbes 85 % elektrienergiast.



LED - lamp

LED-lamp ehk valgusdiodlamp (ingl. k. *light emitting diode*) on ühest või mitmest valgusdiodist koosnev lamp. Valgus tekib pooljuhtdiodi tõkkekihist elektrivoolu läbiminekul. Erinevad pooljuhid annavad erineva värvusega valgust. LED lambid muudavad praktiliselt kogu elektrienergia valgusenergiaks.



Elektri kasutamiseks on tarvis vähemalt kahte juhet. Need on meil seinas olemas. Ühes juhtmes on pinge, teine on ühendatud maaga ja selles pinget ei ole. See juhe, milles on pinge, on **faasijuhe**. Teine juhe, milles pinget ei ole, on **nulljuhe**. Kaasaegsetes süsteemides on need juhtmed kaetud erinevat värvi isolatsioonikihtidega. Faasijuhe on must või pruun ning nulljuhe on sinine. Lisaks nendele kahele elektri kasutamiseks hädavajalikule juhtmele, on kasutusele võetud

veel kolmas juhe - kaitsemaandusjuhe. See on samuti ühendatud maaga, aga selle eesmärgiks on kaitsta inimest juhul, kui elektrimasina kere satub pinge alla. Selle juhtme isolatsioonil on rohelised ja kollased pikivöödid.

Vooluring

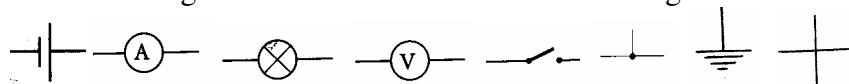
Kuigi tänapäeval ei või enam elektri-installatsioonitöid (paigaldamisi) ise teha, peaks ikkagi olema mingi ettekujutus sellest, kuidas tarviteid vooluvõrku ühendatakse ja kuidas voolu parameetreid mõõdetakse.

Selleks, et elektrivoolu saaks kasutada, tuleb see juhtida läbi **vooluringi**. Selle koostisosad on: vooluallikas, tarviti, juhtmed, lüliti, aga ka elektrimõõteriistad.

Nimetame vooluringi osade ülesanded:

- **Vooluallikas** on vajalik elektrijõu tekitamiseks, mis paneb laengud juhtmetes liikuma.
- **Tarviti** on mingi seade, mida me tahame käitada elektrivoolu abil.
- **Juhtmed** ühendavad erinevaid vooluringi osi (võimaldavad elektronidel liikuda).
- **Lüliti** võimaldab tarviti sisse ja välja lülitada.
- **Elektrimõõteriistad** on vooluringis teada saamiseks elektrivoolu iseloomustavaid suurusi (pinget, voolutugevust, võimsust, jms.).

Vooluringe kirjeldatakse **elektriskeemide** abil, kus reaalsete allikate, tarvite ja muude vooluringi osade asemel kasutatakse nende tingmärke.



Joonis 11.4.1. Elektriskeemi tingmärke, alates vasakult: vooluallikas, ampermeeter, hõõglamp, voltmeeter, lüliti, juhtmete ühendus, maandus, juhtmete ristumine.

Kui me tahame teada, milline vool või pinge vooluringis on, tuleb kasutada mõõteriistu. Aga need ei tohi olukorda muuta, muidu me ei saa teada, milline on tegelik olukord. See esitab nii amper- kui voltmeetrile oma nõudmised.

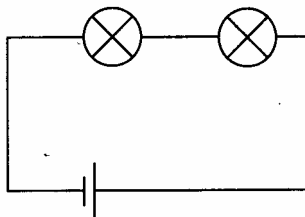
Ampermeeter lülitatakse vooluringi voolutugevuse mõõtmiseks ja sellepärast peavad kõik voolu tekitavad elektronid temast läbi minema. Ampermeeter lülitatakse vooluringi tarviti ja damisi. Ampermeeter ei tohi takistada elektronide liikumist.

Voltmeeter lülitatakse vooluringi pinge mõõtmiseks tarviti või vooluallikaga rööpselt. See määrab ära elektrijõu suuruse ja sellepärast ei tohi voltmeetril voolu läbi minna, sest muidu läheks muist jõudu kaotsi.

Tarviteid lülitatakse kas jadamisi (järjestikku) või rööpselt (paralleelselt).

Jadaühendus

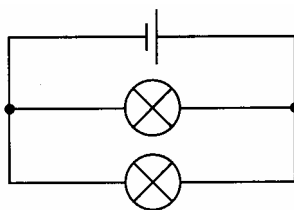
Jadaühenduse korral on voolutugevus igas vooluringi osas ühesuurune.



Joonis 11.4.2. Kaks hõõglampi ja patarei on ühendatud jadamisi.

Rööpühendus

Rööpühenduse korral on pinge iga rööpselt vooluringi osa otstel ühesuurune.



Joonis 11.4.3. Kaks hõõglampi ja patareid on ühendatud rööpselt.

Elektritööd ja ohutus

Milliseid elektritöid võib teha tavaline, elektrialal oskusteta täiskasvanud inimene? Sellised tööd on nn **lihtsad elektritööd**, näiteks : lambipirnide ja kaitsekorkide vahetamine, valgustite ja pistiklülitusega valgustite lülitite vahetus (vt *Elektriohutuseseadus, RT I 2007, 12, 64*). Alati tuleb meeles pidada, et selliseid töid ei tohi teha pinge all olevate seadmetega.

Iga maja või korteri elektrikilbis või voolumõõtja juures asuvad kaitsmed. Kaitsmed on selleks, et automaatselt välja lülitada see elektrivõrgu osa, milles on rike. Katkise isolatsiooni või juhtmetes tekkinud lühise tõttu suureneb voolutugevus, mis võib tekitada põlengu, aga kaitsmed lülitavad automaatselt voolu välja. Kui kaitse on välja lülitunud, siis ei tohi seda enne sisse lülitada, kui rikke põhjus on kõrvaldatud.

Kõige sagedamini tuleb koduse elektrisüsteemi rikkumist ette pistikute seinast välja tõmbamisel. Selleks, et seda lihtsamalt teha, kiputakse sageli tõmbama juhtmetest ja sellega rikutakse juhe või pistikupesast seinast. Pistiku seinast välja tõmbamisel tuleb alati hoida kinni pistikust ja teise käega toetada seinakontakti kaanele ning seejärel alles pistikut tõmmata.

Elektriseadme põlema süttimisel tuleb see kohe välja lülitada või tõmmata pistik seinast välja ja pärast seda asuda vastavalt olukorrale põlengut esmaste vahenditega kustutama. Kui pole võimalik seadet välja lülitada või pistikut välja tõmmata, tuleb kaitsekorgid välja lülitada.

Kunagi ei tohi kasutada vooluvõrgus oleva elektriseadme kustutamiseks vett, sest vesi on hea elektri juht! Tuld peaks kustutama teki või vaiba abil, kuid kui seade ei ole elektrivõrgus, siis võib vajadusel kasutada ka vett.

Küsimused

1. Miks ei tohi põlevaid elektriseadmeid kustutada veega?
2. Hõõglamp on töötamise ajal kuum, aga säästulamp ei ole? Miks?
3. Miks ei või igapäevasteks teha elektriseadmete paigaldustöid?
4. Kas laelambid on ühendatud rööpselt või jadamisi? Miks?
5. Mis juhtub, kui ampermeeter lülitada vooluringi rööpselt või voltmeeter jadamisi?
6. Miks on kasutusel hoiatussildid "Ettevaatust! Kõrge pinge!", aga mitte "Ettevaatust! Tugev vool!"?

Raudvara

Tarviti on mingi seade, kus elektrienergia muundub mingiks teiseks energialiigiks. Hõõglamp muudab valguseks väikese osa elektrienergiast, säästulamp aga suure osa. LED-lamp on pooljuhtseade, mis muudab valguseks praktiliselt kogu elektrienergia. Tarvitite kasutamiseks tuleb need lülitada vooluringi. Ampermeeter lülitatakse vooluringi tarvitiga jadamisi. Voltmeeter lülitatakse vooluringi tarvitiga rööpselt.

Mitte mingeid elektriga seotud töid ei tohi teha sisselülitatud seadmete korral!
Põlevaid elektriseadmeid ei tohi kustutada veega.

11.5. Magnetnähtused

On olemas selliseid kehasid, mis tõmbavad raudesemeid enda külge. Selline omadus on kehal väga kaua ning sellepolest on nähtus erinev elektriliselt laetud kehade tõmbumisest. Niisuguseid kehasid, mis raudasju külge tõmbavad, nimetatakse **püsimagnetiteks**.

Igal püsimagnetil on kaks kohta, mis eriti tugevalt tõmbavad raudesemeid. Neid kohti nimetatakse magneti **poolusteks**. Iga püsimagnet võtab vabalt rippudes sellise asendi, et üks poolus on suunatud lõunakaarde, teine põhja poole. Poolust, mis pöördub lõuna poole, nimetatakse **lõunapooluseks** (tähis S) ja teist poolust, mis pöördub põhja poole, **põhjapooluseks** (tähi N).

Igal magneetunud kehal on **alati 2 poolust**. Ühepooluselisi magneteid pole olemas. Katsed näitavad, et samanimelised poolused tõukuvad ja erinimelised tõmbuvad. Kahe pooluse vahelises piirkonnas on magnetlised omadused nõrgad või puuduvad üldse.

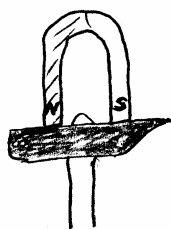
Kahe püsimagneti vahel mõjuv jõud on seda suurem, mida väiksem on kaugus erinevate magnetite pooluste vahel. Need omadused on sarnased elektrilengute vahel mõjuvate jõududega, kuigi põhjus on teine. Nüüd on jõud tingitud **magnetväljast**.

Katse Ülimagnetite tõmbumise ja tõukumise tajumine neid käes hoides lähendades ja kaugendades teineteisest.

Magnetpooluste vahel mõjuvad jõud olenevad lisaks kaugusele ka keskkonnast, mis on nende vahel.

Katse Tõmbejõu olenevus kahe magneti vahel olevast ainst: ühesuguse magnetitevahelise kauguse korral panna magnetite vahele ühepaksused alumiiniumpleki-, raudpleki- ja papitükid.

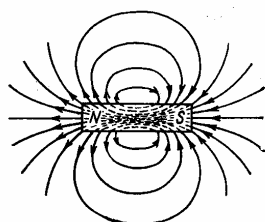
Raudesemeid saab püsimagneti abil magneetida, st muuta ka magnetiks. Selleks tuleb magneeditav ese panna otsipidi vastu magneti pooluseid ning seal mõne aja hoida.



Joonis 11.5.1. Raudvasara magneetimine.

Magnetvälja nagu elektrivälja saab kirjeldada **jõujoonte** abil. Kui elektrivälja jõujoontel oli algus ja lõpp, siis magnetvälja jõujooned on kinnised, neil pole algust ja lõppu.

Katse Magnetvälja jõujoonte vaatlemine.



Joonis 11.5.2. Magnetpulga jõujooned. Pane tähele, et jõujooned on ka pulga sees.

Maa on ka üks suur püsिमagnet. Nagu eespool nägime, tekitab elektrivool enese ümber magnetvälja. Maa sees on palju vedelat metalli, mis seal ringi voolab. Kuna metallis on hulgaliselt vabu elektrone, siis tekitab selline sulametalli voolamine elektrivoolu ja see omakorda magnetvälja. Kuna sulametalli on palju, siis on ka tekkiv vool tugev ja see tekitab märgatava tugevusega magnetvälja, mis tungib Maa seest välja. Maakera ümbritsevat magnetvälja kasutatakse ilmakaarte määramiseks **kompassi** abil. Kompassi tähtsaim osa on teravikul pöörelda saav kerge püsिमagnet – magnetnõel.

Maa magnetväli võib magneetida selles pikka aega ühes asendis olnud raud-, teras- või malmesemeid, nagu radiaator või metalluks.

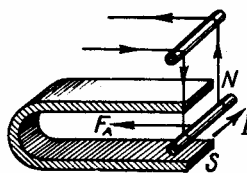
Katse radiaatori magneetumuse uurimine kompassiga.

Magnetväli mõjub mingi jõuga ka temas olevale vooluga juhtmele. Kui asetada juhe U-magneti pooluste vahele ja lasta juhtmest vool läbi, siis mõjub juhtmele jõud risti voolu suunaga. Juhe hakkab magnetväljas liikuma sellepärast, et magnetväli mõjub temas liikuvatele elektrilaengutele mingi jõuga. Kui laengutele mõjub jõud, siis juhtmes olevad laengud annavad selle jõu üle juhtmele, sest laengud ju juhust välja tulla ei saa. Ja kui juhe saab liikuda, siis ta liigubki.

Paigalseisvaile elektrilaenguile aga magnetväli mingit mõju ei avalda.

Katse Vooluga juhe magnetväljas.

Katse skeem on toodud joonisel 11.5.2.



Joonis 11.5.3. Vooluga juhtmele mõjub magnetväljas jõud.

Vooluga juhtme liikumine magnetväljas on tähelepanuväärne selle poolest, et seejuures muutub elektrienergia mehaaniliseks energiaks. Sellel nähtuse põhineb **elektrimootori** töö.

Kehtib ka pöördnähtus: kui juhet liigutada magnetväljas, siis tekib juhtmes elektrivool. Põhjus on ikka selles, et magnetväljas liikuvale laengule mõjub jõud. Kui juhe koos oma sees olevate vabade elektronidega liigub magnetväljas, siis ju laengud liiguvad magnetvälja suhtes. Elektronidele mõjuv jõud aga paneb nad juhtmes liikuma ja nii tekibki vool.

Sellel põhimõttel töötab **elektrivoolugeneraator**, mis muudab mehaanilist energiat elektrienergiaks.

Magnetvälja tekkimine võib toimuda kahel põhjusel. Ühel juhul on tegemist ainetega, mis ise koosnevad väikestest kristallikestest, domeenidest, millel on püsिमagneti omadused. Selliseid aineid nimetatakse **ferromagneetikuteks**. Nendeks on raud, teras, malm, nikkel ja veel mõned.

Teisel juhul tekitab magnetvälja elektrivool. Lähemalt käsitletakse magnetvälja omadusi gümnaasiumis.

Küsimused.

1. Kus asub Maa magnetiline põhjapoolus?
2. Milleks magneteid või magnetvälja tehnikas kasutatakse?
3. Meil on kaks ühesugust raudpulka, millest üks on magneeditud, teine mitte. Kuidas ilma abivahenditeta kindlaks teha, kumb neist on magneetunud?
4. Miks püsिमagnet tõmbab külge tavalist raudnaela, aga puust joonlauda ei tõmba?
5. Kui raud koosneb väikestest püsिमagneti tükukestest, miks siis kõik raudesemed pole magnetid?

Raudvara

Püsिमagnetiteks nimetatakse kehi, mis tõmbavad ligi raudesemeid.

Igal magnetil on kaks kohta, mis tõmbavad eriti tugevalt raudesemeid oma poole, neid kohti nimetatakse poolusteks.

Samanimelised poolused tõukuvad, erinimelised tõmbuvad.

Maakera ümber on magnetväli.

Magnetväli avaldab liikuvale elektrilengule jõudu.

12. Valguse omadused

Valgus on elektromagnetiline laine, mis tekitab inimesel näegmisaistingut. Valgus levib väga suure kiirusega: 300 000 km/s. See on maailmas kõige suurem kiirus, mida on võimalik saavutada.

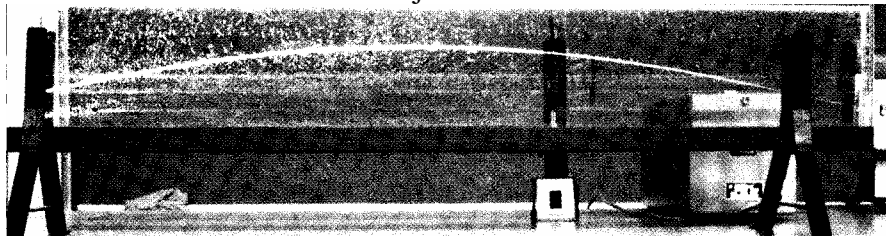
Valgus võib käituda ka osakeste voona. Neid osakesi ehk valguse kvante kutsutakse footoniteks. Sellist valguse omaduste kaheksust nimetatakse **dualismiks**.

Valguse lained ja footonid on meie silmale eristamatud ja sellepärast võib valguse levimise kirjeldamiseks kasutada **valguskiiri**. Need on jooned, mis näitavad valguse levimise suunda. Valguskiir on puhtas keskkonnas nähtamatu, kuid sogsas keskkonnas on nähtav.

Ühtlases keskkonnas levib valgus sirgjoonelisel.

Katse Laserikiire liikumine puhtas vees, kus on natuke piima lahustatud kiire nähtavaks tegemiseks ja laserikiire liikumine soolveevannis, kus soola kontsentratsioon on kõrgustpidi erinev.

Teise katse tulemus on esitatud joonisel 12.1.



Joonis 12.1. Laserikiire kõverdamine erineva kontsentratsiooniga soolalahuses.

Vanni alumises osas on suurema kontsentratsiooniga soolalahus, kus valguse kiirus on väiksem kui kõrgemal asuvates väiksema soola kontsentratsiooniga piirkondades. Kiire kõverdamise põhjus seisneb valguse murdumise olenevuses lahuse kontsentratsioonist. Täpsemat seletust ei saa enne anda, kui on omandatud valguse murdumine ja täielik peegeldumine.

Aga võibolla levib sirgjooneliselt ainult laserikiir, kui keskkond on ühtlane? Tuleks seda tõestada ka tavalise valguse korral. Väga levinud tõestuseks peetakse kehast tekkivaid teravate servadega varje, kui kasutada punktvalgusallikat. Kuid terava servaga varje võib saada ka siis, kui valgus ei levi sirgjooneliselt (vt. Joonist 12.2.)!



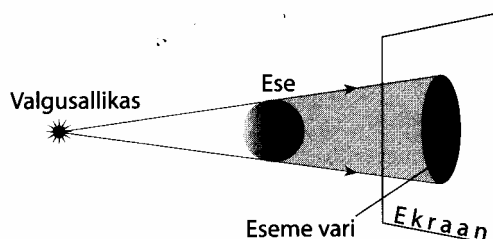
Joonis 12.2. Varju tekkimine valguse sirgjoonelise leviku korral (a) ja kõverjoonelise leviku korral (b). S – valgusallikas, K – keha, V- vari ekraanil.

Probleem. Kuidas kontrollida, kumb variant on õige?

Varjud

Keha varjuks nimetatakse mingil pinnal tekkivat valgustamata ala, kui keha ei lase valgusel levida sellele pinnale. Varjul võib olla kaks piirkonda: täisvari ja poolvari.

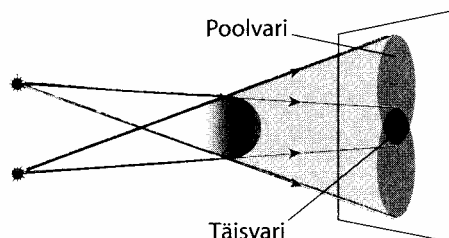
Täisvari on ruumipiirkond, kuhu valgusallikast tulev valgus üldse ei levi. Täisvari tekib siis, kui valgusallikas on palju väiksem kui valgust tõkestav keha. Ideaalse täisvarju annab punktvalgusallikas.



Joonis 12.3. Täisvarju piirkonda valgus ei lange

Kui on tegemist rohkem kui ühe punktvalgusallika või suure valgusallikaga, siis tekib lisaks täisvarjule ka **poolvari**, mida näeme ekraanil halli laiguna ümber täisvarju.

Poolvari on ruumipiirkond, kuhu valgus levib osaliselt, kas ainult mõnest punktallikast või valgusallika osast.



Joonis 12.4. Täisvari ja poolvari kahe valgusallika korral

Peegeldumine ja murdumine

Peegeldumiseks nimetatakse valguse tagasipöördumist kahe keskkonna lahutuspinna sinna keskkonda, kust valgus tuli. Selle seaduspärasustega tutvumiseks teeme mõned katsed.

Katsed

Valguse peegeldumine. Laseme tasapeeglile laserikiire ja näitame, kuidas peegli kallutamise abil saab nihutada valguslaiku ekraanil.

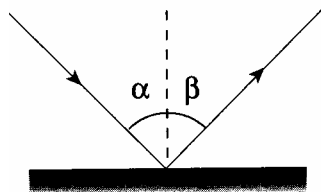
Valguse hajumine. Asendame eelmises katses peegli valge paberiga ja otsime peegeldunud laserikiir ekraanilt, aga seda enam pole, kuigi peegeldunud valguse kuma on olemas

Peegeldusseaduse uurimine optilise kettaga. Mõõdame langemis- ja peegeldumisnurki ja võrdleme neid.

Katsetulemuste mõistmiseks peame teadma, mis toimub valguskiirtega peegeldumisel.

Peegeldumisel kehtib **peegeldumise seadus**: peegeldumisel on langemisnurk ja peegeldumisnurk võrdsed. Tavaliselt lisatakse ka, et langev kiir, peegelduv kiir ja langemispunkti tõmmatud pinna ristsirge on kõik ühes tasandis.

Tuleb meeles pidada, et valgusõpetuses ehk optikas mõõdetakse kiirte **langemis-, peegeldumis- ja murdumisnurki** pinna ristsirge ehk normaali suhtes.

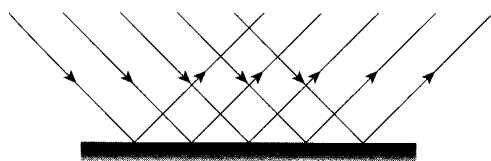


Joonis 12.5. Valguse peegeldumine. Langemisnurk - α , murdumisnurk β .

Kui pind, kuhu valgus langeb, on sile, siis kehtib peegeldumisseadus ka kiirte kimbu jaoks, kus kiired on omavahel paralleelsed. Sellist siledat pinda nimetatakse **peegelpinnaks**. Kui peegelpind on tasand, siis on tegemist **tasapeegliga**.

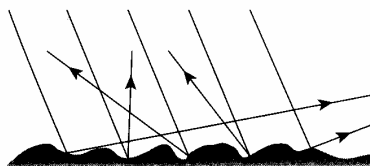
Pinda võib siledaks lugeda, kui pinna konaruste mõõtmed on väiksemad kui valguse lainepikkus. See tähendab, et pinnal ei või olla muhkusid ja lohke, mille sügavus on suurem kui umbes 100 nm ehk kümnetuhandik millimeetrit.

Aga alati ei pea sile peegel olema nii väikeste konarustega. Vaadake või TV paraboolantenne, mis peegeldavad raadiolaineid. Antenni pind pole sugugi väga sile. Aga seal on konarused ikkagi palju väiksemad antennile langevate elektromagnetlainete lainepikkusest, mis on detsimeetri suurusjärgus.



Joonis 12.6. Paralleelse kiirtekimbu peegeldumine siledalt pinnalt

Kui pind, kuhu valgus langeb ei ole sile või kiirtekimp ei ole paralleelne, siis ei teki korrapärast peegeldust. Iga kiir peegeldub ise suunas ja sellise olukorra kohta öeldakse, et **valgus hajub** laiali. See tähendab, et valguskiired levivad pärast peegeldumist kõikvõimalikes suundades. Kõik pinnad peale peegelpindade hajutavad valgust. Tänu valguse hajumisele meid ümbritsevatelt kehadel me neid näeme.



Joonis 12.7. Paralleelse kiirtekimbu hajumine ebatasaselt pinnalt.

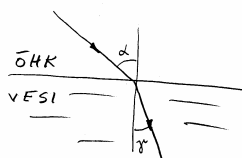
Pegeldumist saab **modelleerida** lauatenisepalli või teraskuuli põrkumise abil, mis oleksid valguskvantide analoogiks. Nende abil kontrollime **pegeldumisseaduse** kehtivust.

Tõmbame valgele paberilehele sirge joone. Selle keskpunktist tõmbame joonele ristsirge (normaali). Normaalist kahele poole kanname kuuli langemistrajektoori ja pegeldumistrajektoori kirjeldavad sirged nii, et langemisnurk oleks alati võrdne pegeldumisnurgaga. Asetame paberile massiivse, sileda tasase pinnaga keha nii, et selle pind asuks täpselt paberile tõmmatud joonel.

Veeretame lauatenise palli või teraskuuli mööda mõnd langemistrajektoori ja jälgime, kas pärast põrget toimub liikumine mööda vastavat pegeldumistrajektoori.

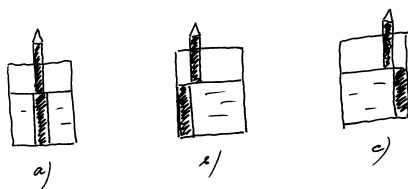
Kui valguskiir läheb ühest keskkonnast teise, siis kiire suund muutub. Sellist nähtust nimetatakse valguse **murdamiseks**.

Valguse murdamist saab vaadelda, kui suunata laserikiir õhust vette. Selleks, et kiir oleks nähtav, peaks õhk olema suitsune ja vesi natuke sogane, näiteks piimane. Paneme tähele, et valgus muudab ainult siis levimissuunda, kui kiir ei lange veepinnale risti. Kui kiir langeb veepinnale risti, siis ta levib edasi suunda muutmata. Valguse murdamist selgitab järgmine joonis.



Joonis 12.8. Valguse murdamine. Langemisnurk - α , murdamisnurk - γ .

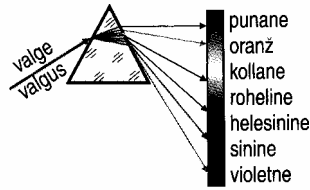
Valguse murdamist saab demonstreerida ka ilma laserita. Täidame silindrilise klaasanuma poolenisti veega ja asetame selle keskele püstise pliiatsi. Vaatame pliiatsit ristsuunas läbi veega täidetud anumaosa. Pead liigutamata nihutame pliiatsit paremale või vasakule. Kui pliiats on klaasi keskel, siis näeme olukorda, mida on kujutatud **joonisel a)**. Kui pliiats nihutada keskkohast vasakule või paremale näeme olukordi, mis on kujutatud joonistel b) ja c). Pöörame tähelepanu ka pliiatsi kujutiste erinevatele läbimõõtudele.



Joonis 12.9. Pliiats ja selle kujutis veega poolenisti täidetud purgis

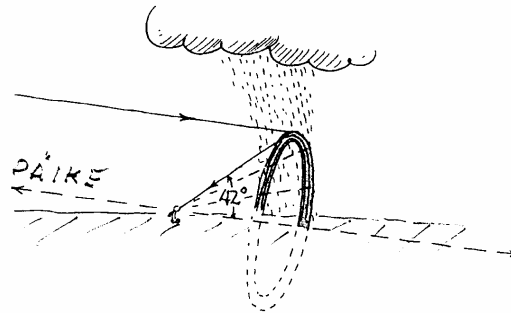
Vikerkaar

Valguse murdamisega seletub ilus loodusnähtus – vikerkaar. Selle põhjuseks on fakt, et erinevat värvi valgused murduvad üleminekul ühest aineist teise erinevate nurkade võrra. Seda saab jälgida, kui lasta valget valgust läbi klaasprisma.



Joonis 12.10. Valge valguse komponentideks jagamine prismaga.

Vikerkaart näeme siis, kui kuskil sajab vihma, samal ajal paistab päike ja vihm jääb meist ühele, Päike teisele poole. Kui vaatame vihma poole ja Päike jääb meie selja taha, siis võime näha vikerkaart, mille keskpunkt asub teljel, mis on määratud Päikest ja vaatajat läbiva sirgega.



Joonis 12.11. Vikerkaare tekkimine.

Vikerkaar moodustab selle sirgega vaataja suhtes nurga 42 kraadi igas suunas (vt joonist). Kui Päike on horisondist kõrgemal kui 42 kraadi, siis ei ole vikerkaar nähtav, st et hommikul või õhtul on vikerkaar kõrgem kui keskpäeval. Lennukilt on võimalik näha ka ringjaid vikerkaari.

Vikerkaar tekib sellepärast, et vihmatilgad töötavad sarnaselt prismale, mis lahutab valge valguse värvilisteks osadeks. Selline valgus võib vihmapiisas peegeldudes ja sealt väljudes jõuda meie silma.

Nurga suurus 42° tuleneb vee omadustest.

Värvused

Kõik me teame, et valgus võib olla valge või värviline.

Valgeks valguseks nimetatakse Päikeselt tulevat valgust ehk päikesevalgust, mis sisaldab kõikvõimalikke värvilisi valgusi. Sageli öeldakse päikesevalguse asemel päevavalgus, mille all mõistame valgust, mis tuleb päevasel ajal nii selgest taevast kui läbi pilvede. Tinglikult võib valgeks pidada ka hõõglambi valgust, kuigi selles on punast ja kollast valgust rohkem kui päevavalguses. Paremini sarnaneb päevavalgusele päevavalguslambi või säästupirni valgus.

Kõiki värvusi on võimalik saada, kui liita erinevas vahekorras kahte või kolme põhivärvust. **Põhivärvused on punane (R), roheline (G) ja sinine (B)**. Neid värvusi kasutatakse ka televiisori või arvuti ekraanil pildi tekitamiseks.

Värvuste liitmiseks tuleb erinevat värvi valgused näiteks juhtida valgel ekraanil ühte kohta. Televiisori või arvuti kuvaril on põhivärvustele vastavad helenduvad täpikesed (pikslid) ekraanil üksteisele aga nii lähedal, et meie silm ei suuda neid eristada ja neilt tulevad valgused liituvad meie silmas iseenesest.

Värvuste liitmist ei tohi segi ajada värvide liitmise ehk segamisega. Kui segada punast, rohelist ja sinist värvi (värvainet), saame tulemuseks mingi tumeda värvi, pruunikas - musta.

Valge valguse komponente saab nähtavaks teha, kui lasta valget valgust valgele ekraanile läbi erinevat värvi valgusfiltrite, milleks on värvilised klaasitükid - valgusfiltrid. Siis näeme ekraanil just seda värvi valgust, millist värvust laseb filter läbi.

Kehade **värvus** oleneb sellest, mis värvi valgusi keha peegeldab (hajutab). Kui keha ei peegelda ühtki värvi valgust, siis on ta **must**. Kui aga peegeldab kõiki värvusi, on **valge**.

Katse erinevat värvi kehade valgustamine eri värvi valgustega.

Küsimused

1. *Kui kaua võtaks aega ühe tiiru tegemine ümber Maakera, kui liikumine toimuks valguse kiirusel?*
2. *Millistel tingimustel tekib eseme taha ainult poolvari?*
3. *Päikesepaistelise ilmaga on väljas olevatel kehadel varjud, aga pilves ilmaga mitte. Miks?*
4. *Kas saab näha Päikese peegeldust kaevu vees?*
5. *Kaugel asuvad järved läigivad peeglitena, lähemale jõudes me seda enam ei märka. Miks?*
6. *Miks on udusele aknale kirjutatud tekst nähtav?*
7. *Kas valgus saab minna ühest keskkonnast teise nii, et levimissuund ei muutu?*
8. *Millisena paistab punane kiri valgel paberil, kui seda valgustada punase valgusega?*
9. *Millisena paistab punane kiri valgel paberil, kui seda vaadata läbi sinise klaasi?*
10. *Mis värvi on lumi?*

Raudvara

Ühtlases keskkonnas levib valgus sirgjoonelisel.

Täisvari on ruumipiirkond, kuhu valgusallikast tulev valgus üldse ei levi.

Poolvari on ruumipiirkond, kuhu valgus natukene levib, aga ainult mõnest valgusallika osast.

Valguse peegeldumisel on langemisnurk ja peegeldumisnurk võrdsed.

Nurki mõõdetakse pinna ristsirge ehk normaali suhtes.

Hajumiseks nimetatakse valguse ebakorrapärast peegeldumist ebatasaselt pinnalt.

Valguse murdumiseks nimetatakse valguskiire suuna muutumist üleminekul ühest keskkonnast teise.

Kehad on seda värvi, mis värvi valgusi keha peegeldab.

Kirjandus

1. P. Hewitt. Conceptual Physics. Addison-Wesley. 2002 (või teised aastad).
2. P.G. Hewitt, J. Suchocki, L.A. Hewitt. Conceptual Physical Science – Explorations. Addison – Wesley. 2003.
3. J. Walker. The Flying Circus of Physics. John Wiley and Sons. 1975 või 2006.
4. M. Tultštšinski. Küsimusülesandeid füüsikast. Tallinn. Valgus. 1982.
5. K. Tarkpea, H. Voolaid. Füüsika käsiraamat. Koolibri, 2002.

Eksamiküsimused

1. Loodusteaduslik ja täppisteadusölik mõtlemisviis (LTMV ja TTMV).
2. Mudelid füüsikas.
3. Tõestamine ja seletamine.
4. Silmapiiri kauguse leidmine.
5. Maa ja Kuu liikumine.
6. Keskmine kiirus, hetkkiirus, kiirendus (valemid, ülesanded).
7. Inertsinähtuse kirjeldamine.
8. Vaba langemine ja raskusjõud.
9. Elastusjõud, dünamomeeter (ehitus, töö põhimõte).
10. Töö ja energia (seos, valemid).
11. Võimsus (valem).
12. Rõhk ja üleslükkejõud (vedelikus mõjuva rõhu valemi tuletamine).
13. Aine molekulaarset ehitust tõestavad nähtused.
14. Vedelike ja gaaside difusioon.
15. Vedelike omadused (pindpinevus, kapillaarsus, osmoos).
16. Soojusülekanne liigid (soojusjuhtivus, konvektsioon, kiirgus).
17. Agregaatolekute muutumisega seotud nähtused.
18. Õhuniiskust iseloomustavad suurused.
19. Vedeliku või gaasi voolamine ja sellega kaasnevate nähtuste seletus.
20. Harmoonilist võnkumist ja lainet kirjeldavad suurused.
21. Heli omadused.
22. Elektrilaengud ja nende omadused.
23. Elektrijuhid ja isolaatorid.
24. Elektrivool ja seda kirjeldavad suurused: pinge, voolutugevus, takistus.
25. Elektrienergia kasutamine.
26. Vooluring ja selle skeem.
27. Magnetnähtused.
28. Valguse levimine, peegeldumine ja murdumine.
29. Värvused.

30.04.2014.

HV