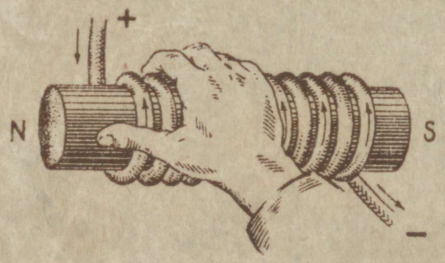
E. N. GORJATŠKIN

FÜÜSIKA ÕPETAMISE METOODIKA

SEITSMEKLASSILISES KOOLIS



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

A-19366 II

VNFSV PEDAGOOGILISTE TEADUSTE AKADEEMIA ÕPETAMISE MEETODITE INSTITUUT

E. N. GORJATŠKIN

FÜÜSIKA ÕPETAMISE METOODIKA SEITSMEKLASSILISES KOOLIS

I KÖIDE

FÜÜSIKA METOODIKA ÜLDKÜSIMUSED

Käsiraamat õpetajatele ja õpetajate instituutide üliõpilastele

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1952

Originaali tiitel: Академия педагогических наук РСФСР. Институт методов обучения. Е. Н. Горячкин. Методика преподавания физики в семилетней школе. Том I. Общие вопросы методики физики. Учпедгиз, Москва 1948.

Tõlkinud P. Parts.

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
19508

Nõukogude kooli kolmekümnendaks aastapäevaks pühendab autor füüsika metoodika käsiraamatute sarja.

Moskvas 1947. a.

AUTORI EESSÕNA.

Käesolev teos tervikuna kujutab endast sarja käsiraamatuid füüsika õpetamise metoodika kohta seitsmeklassilises üldhariduslikus koolis. Ta on koostatud nõukogude kooli kolmekümnendaks aastapäevaks autori kahekümneviieaastase töö kogemuste põhjal keskkoolis ja kõrgemate pedagoogiliste koolide üliõpilastega, samuti füüsika õpetajatega nende kvalifikatsiooni tõstmisel.

Sarja eesmärgiks on tulevaste pedagoogide (kõrgemate pedagoogiliste koolide ja õpetajate instituutide üliõpilaste) ja algajate õpetajate tutvustamine võimalikult kõikide eri liiki teadmiste ja oskustega, mis on vajalikud füüsika edukaks õpetamiseks nõukogude koolis.

Nende teadmiste ja oskuste liigid on nii arvukad, mitmekesised ja eriloomulised, et ettevalmistamiseks füüsika õpetamisele tuleb kulutada kahtlemata palju aega ja teha suuri pingutusi, sest nõukogude füüsika õpetaja peab lisaks oma väga laiaulatusliku aine, s. o. matemaatika ja füüsika täpsele tundmisele eelkõige täielikult valdama dialektilise materialismi õpetuse põhialuseid, kuna tema ülesandeks on mitte ainult füüsika õpetamine, vaid ka vastava maailmavaate kujundamine õpilastes ühe tähtsaima loodusteaduse haru — füüsika — alusel. Peale selle peab õpetaja olema tuttav kaasaegse tehnika entsüklopeediaga, samuti oskama hinnata tehnika osa ja tähtsust meie kodumaa sotsialistlikus ühiskonnas.

Kuna füüsika õpetamine seitsmeklassilises koolis baseerub täielikult katsetel ja loomulikes tingimustes kulgevate füüsiliste nähtuste vaatlustel, siis peab füüsika õpetaja täielikult valdama füüsika katsete tehnikat ja selle metoodikat — metoodiliste teadmiste eri liiki, mis nõuab võrdlemisi pikaajalist ning töörohket õppimist. Kui õpetaja oskab ise vaadelda, nähes „füüsikat igal sammul", kui ta tunneb demonstratsioonkatse metoodikat ning valdab selle tehnikat, kui ta korraldab vajalikul määral laboratoorseid töid õpilastega, teostab klassivälist tööd süstemaatiliselt ja allutades

seda täielikult füüsika õpetamise eesmärkidele, siis võib ta täiesti veendunud olla, et tema juhatusel õpilaste poolt omandatud teadmistes pole vähimatki jälge formalismist.

Peale eksperimentaalse osa peab õpetaja füüsika õpetamise protsessi õigeks ja täielikuks tagamiseks ning tema efektiivsuse tõstmiseks valdama g r a a f i l i s t e vahendite, s. o. jooniste ja joonestiste kasutamise tehnikat ja metoodikat. Lõpuks on füüsika õpetaja kooli füüsika-kabineti peremees, mõnikord ka selle organiseerija, ja seepärast peab tal olema vastavaid teadmisi ning oskusi l a b o r a t o o r s e t e h n i k a, samuti mitmesuguste k ä s i t ö ö d e alalt, selleks, et kabinetti edasi arendada ja täiendada; vastasel korral on paratamatu ka hästi korrastatud kabineti laostumine.

Viimastena nimetatud teadmiste ja oskuste omandamisele kohustab ka vajadus juhtida õpilaste tööd füüsika- ja tehnilise modelleerimise r i n g i d e s. Ei tule unustada ka seda, et sõjajärgse aja tingimustes on teadmised ja oskused käsitöö alalt õpetajale vajalikud ka kabineti riistadekollektsiooni täiendamiseks omade jõudude ning abinõudega ja õpetamise täielikuks tagamiseks katsetega. Lõpuks õpetaja kui pedagoogilise protsessi looja, uute teede otsija ning rajaja metoodikas, k o n s t r u e e r i b harilikult ise oma originaalsed riistad või nende üksikosad, mis on metoodiliselt väärtuslikumad kui need, mida toodab tööstus.

Niisugused on üldiselt õpetaja oskuste ja teadmiste eri liigid. Käesolev töö tervikuna on katseks luua füüsika õpetamise praktiline käsiraamat seitsmeklassilisele koolile koos õpetamisprotsessi uurimisega kogu ta mitmekesiduses, koos peamiste teeside teadusliku põhjendamisega, mis vastavad „tänapäeva metoodikale". Seejuures on töö rajatud mitte ainult isiklikele kogemustele, vaid ka massikooli ja samuti paremate füüsika-õpetajate kogemuste tundmaõppimisele ning arvessevõtmisele.

Sarja kuulub:

I k ö i d e. *Füüsika metoodika üldküsimused* (vt. sisukord).

II k ö i d e. *Füüsikalise katse tehnika ja metoodika.*

1. o s a. Seitsmeklassilise kooli füüsikakabinet.

Füüsikalise katse metoodika ja tehnika põhialused. Füüsikakabineti sisseseade. Füüsika katseriistad (riistade liigitus; demonstratsioonide nähtavuse tagamine; abiriistad; projektsiooniriistad; tehnilised mudelid; mõõteriistad; laboratoorsete tööde riistad; elektrivoolu allikad; soojuseallikad; riistade hoidmine ja inventeerimine).

2. o s a. Demonstratsioon-katsed.

Metoodilisi juhendeid õpetajatele ja üliõpilastele katsete metoodika ja tehnika õppimisel. Diapositiivide ja riistade projitseerimine ekraanile (diaskoop, episkoop, vari-projektsioon). Ülevaade programmi iga teema juurde kuuluvatest demonstratsioon-katsetest ja nende kirjeldus.

3. o s a. Laboratoorsed tööd.

Metoodilisi märkmeid laboratoorseteks töödeks. (Laboratoorsete tööde tulemuste ärakasutamine. Mõõtmisvead ja nende mõju arvutustele. Metoodilisi juhendeid õpetajatele ja üliõpilastele laboratoorsete tööde korraldamise metoodika ning tehnika tundmaõppimiseks.) Ülevaade laboratoorsetest töödest ja nende kirjeldus programmi teemade järgi.

L i s a. Akumulaatorite laadimine. Tuule-elektrijaam koolis. Bibliograafia.

III k ö i d e. *Omavalmistatud ja lihtsustatud katseriistad füüsika õpetamisel.* (Kaasautor S. N. Žarkov.)

1. o s a. Riistade valmistamine ja tehniline modelleerimine ringides. Kodused katsed ja teaduslikud meelelahutused. Ringi tööde metoodika füüsika alal (teema, plaan, ringide töö vorm, õpilaste käsitöö-oskused, ringide töö näidisplaanid). Omavalmistatud riistade osa ning tähtsus füüsika õpetamisel. Lihtsustatud riistad klassis töötamiseks.

2. o s a. Laboratoorne tehnika. Riistade konstrueerimine; käsitöö-oskused (puu, klaasi, metalli, korgi töötlemine; jootmine; elektromontaaž; paberi- ja papitööd jne.). Oskuste eri liigid (kinoprojektsioon; lahuste valmistamine; elavhõbeda puhastamine; nõude pesemine ja kuivatamine jne.).

3. o s a. Ülevaade lihtsustatud ja omavalmistatud katseriistadest ning katsetest nendega programmi teemade järgi.

IV k ö i d e. *Joonised ja joonestised füüsika tundides.*

1. o s a. Joonistamise metoodika ja tehnika füüsika tundides.

Jooniste osa ja tähtsus. Jooniste liigid. Joonise kujunemine seletuse käigus. Nähtuse järjestikuste faaside kujutamine. Jooniste tähtsus läbivõetu meelespidamiseks ja kordamisel. Joonised küsitlemisel ja ülesannete lahendamisel. Teaduslik ja graafiline kirjaoskus. Jooniste valmistamise tehnika (tehnilised abinõud joonistamisel; kriidiga ja tindiga joonistamise iseärasusi; perspektiiv-kujutised; ortogonaalne paralleel-projektsioon; korrapäraste geomeetriliste kujundite konstrueerimine; ruumiline vaade; ainete ja materjalide tingtähistamine; tugede ja skaalade ühtlustatud tingkujutised; anumate, soojendajate, statiivide ühtlustatud kujutised; mõõdete tähistamine ja pealkirjad; läbilõiked; aksonomeetriline projektsioon; keeruliste jooniste valmistamine). Diagrammid. Graafikud.

2. o s a. Ülevaade joonistest ja nende valmistamise näiteid programmi teemade kohaselt.

Põhiülesandeks, mille seadis autor endale neis köidetes, on tutvustada koolifüüsika õpetamise metoodika täiuslikumaid võtteid ja nende teaduslikku põhjendamist, kuivõrd see on võimalik kaas-

aegse füüsika metoodika seisukorras. Seejuures autor teadlikult pole piirdunud miinimumi esitamisega, vaid on püüdnud tutvustada füüsika kursuse käsitluse kõiki olemasolevaid võimalusi selleks, et õpetaja, kui pedagoogilise protsessi tõeline looja, võiks valida ise vastavaid materjale ja õpetamisvõtteid omade metoodiliste vaadete ja kohalike tingimuste kohaselt.

Kõige tõsisemat tähelepanu suunas autor illustratsioonide valikule. Käesoleva väljaande jaoks tervikuna on tehtud kokku üle 2000 ülesvõtte, joonise ja joonestise, milledest enamik on originaalsed, mitte aga võetud teistest teostest. Enamiku jooniseid ja joonestisi selle väljaande jaoks on valmistanud kunstnik M. V. Šamarin.

Nii katsete kirjeldamisel kui ka vastavate riistade kujutamisel on arvestatud meie koolide tegelikku varustust, mille tõttu on kirjeldatud ja kujutatud ainult seda aparatuuri, mida toodab või tootis varem meie kodumaa tööstus.

Kuna käesolev teos on määratud mitte ainult süstemaatilisteks õpinguteks, vaid ka teatmete allikaks, siis on autor teadlikult lubanud endale eespool käsiteldu kordamist, eriti füüsika metoodika üldküsimuste vaatlemisel (§§ **1—51**). See soodustas eri küsimuste teatavat iseseisvat ja lõpuleviidud käsitlust, ning võimaldas tunduvalt vähendada viidete hulka, mis ikkagi on veel suur.

Käesoleva raamatu iseärasuseks on viidete rohkus, nii ühe köite kui ka kogu töö kõikide köidete piirides.

Et lugeja saaks takistusteta kasutada tarvitusele võetud viidete süsteemi, tuleb arvestada raamatu kogu struktuuri.

Iga köide on jaotatud peale „osade" veel „peatükkideks", need omakorda „paragrahvideks". Iga paragrahv koosneb „jagudest", millede numeratsioon ja pealkirjad on trükitud **rasvase** kirjaga.

Jagu koosneb tavaliselt mitmest punktist; nende alapealkirjad on trükitud s õ r e n d a t u l t ja numeratsioon on varustatud arvu järel seisva klambriga.

Igal köitel on oma paragrahvide numeratsioon, mille tõttu viidetes näidatakse: köite number (rooma numbriga), paragrahvi number (rasvase kirjaga) ja jao number, näit.: II k., § 5, 2; punkte viidetes tavaliselt ei mainita.

Kui viide antakse ühe ja sama köite piirides, siis köite numbrit ei näidata. Viidetes ühe paragrahvi ulatuses jäetakse ära ka paragrahvi number: „jagu 3" või „jaos 5".

Kirjanduse viidetes kasutatakse järgmisi lühendusi:

Г а л а н и н, Г о р я ч к и н, Ж а р к о в, П а в ш а, С а х а р о в, Физический эксперимент в школе, т. I—VI.

К. Е. Верховский, Техника и методика химического эксперимента в школе, т. I—II.

F. Õ. — Falejev ja Pjorõškin, Füüsika. Õpik 6.—7. kl., 1. ja 2. osa. 9. trükk, 1940.

Znamenski, Lab. t. Знаменский, Лабораторные занятия по физике в средней школе, I—III osa, 3. trükk, 1934.

Gorjatškin «Installatsioon» — Горячкин, «Проводка». Как самому рассчитать и сделать электрическую проводку. 3. trükk, 1935. a.

Sahharov — Füüsika. Сахаров, Физика. Учебник для школ взрослых, 8. trükk, 1940.

Tsinger — Цингер — Начальная физика. 12. trükk, 1928. a.

Raamatus kasutatud tähised:

l — pikkus	*I* — voolu tugevus
b — laius	*U* — pinge, EMJ
h — kõrgus, paksus	*R* — takistus
r — raadius	*A* — töö
d — diameeter	*N* — mehaaniline võimsus, voolu võimsus
S — pindala	
V — ruumala	*A* — amper
m — mass	*V* — volt
d — tihedus	*W* — vatt
e — erikaal	*kW* — kilovatt
P — jõud, kaal	Ω — oom
Q — soojushulk	

g — massi ühik kaalumisel kangkaaluga
G — jõu ja kaaluühik vedrukaaluga kaalumisel

Käesoleva väljaande koostamisel osutasid autorile tunduvat abi mitmed vene metoodikud. Nii on I k. §§ **1—11** käsiteldud füüsika metoodika üldosa põhimõtteline külg välja töötatud autori poolt koos D. D. Galaniniga, bibliograafiline osa kõikides köidetes — koos S. N. Žarkoviga, peatükk „Töö plaanimine ja arvestus füüsikas" — koos A. V. Pjorõškiniga. Toimetamise suure töö täitis I ja II köitel S. N. Žarkov ja IV k. V. V. Krauklis.

Palutakse kõrgema kooli ja keskkooli õpetajaid, samuti ka üliõpilasi, kes on kasutanud oma töös käesolevat väljaannet, teatada autorile kõikidest puudustest ja ebaselgustest käsitluses — aadressil: Москва, Чистые пруды, Лобковский пер., дом 5/16, Институт методов обучения АПН, Е. Н. Горячкин.

E. N. Gorjatškin.

ESIMENE OSA.

FÜÜSIKA METOODIKA ÜLDKÜSIMUSED.

ESIMENE PEATÜKK.

FÜÜSIKA METOODIKA ÜLESANDED.

§ 1. Füüsika kui teadus.

„Mateeria liikumine," ütleb E n g e l s, „ei taandu ainult lihtsale mehaanilisele liikumisele, lihtsale kohamuutmisele, mateeria liikumine — see on samuti soojus ja valgus, elektriline ja magnetiline pinge, keemiline ühinemine ja lagunemine, elu ja lõpuks teadvus."

Lähtudes sellest F. Engelsi käsitusest, võib füüsikat määratella kui teadust mateeria liikumise mõnedest vormidest, mis on ühendatud liikumise füüsikaliste vormide üldnimetuse alla. Liikumise füüsikalisteks vormideks nende keerulisemaks muutumise järjekorras on: mehaaniline, soojuseline, elektromagnetiline, kiirgus. Uusim füüsika on avastanud erilise liikumise vormi — aatomisisese liikumise.

Füüsika õpetamise ülesannete lahendamiseks on väga oluline ära märkida füüsika iseloomulikku omadust, mis seisab ta meetodis.

Füüsika on katseline teadus. Katse pole siiski ainult faktide või vaatluste kogumine ja liigitamine. *Katse põhineb alati teataval teoreetilisel oletusel*, nagu seda hästi tunnetas juba kaasaegse füüsika rajaja — G a l i l e i. Katse korraldab füüsik oma oletuse kontrollimiseks ja edu puhul viib see teda uuele oletusele ja sellelt jälle uuele katsele.

Loogilised arutlused katseliste faktide põhjal ei ole vähema tähtsusega füüsika kui teaduse ülesehitamisel ja ainult need annavadki füüsika seadustele neile omase üldkehtivuse.

Loodusteaduse marksistlik-leninliku filosoofia allikateks on:

1. F. E n g e l s, Looduse dialektika; Anti-Dühring.

2. V. I. L e n i n, Materialism ja empiriokrititsism; Filosoofilised vihikud.

3. J. V. S t a l i n, Dialektilisest ja ajaloolisest materialismist; Kas anarhism või sotsialism?

§ 2. Füüsika kui õppeaine.

Füüsika kui teadus on oma ulatuselt pidevalt kasvavate teadmiste süsteem.

Teaduse sisu nagu ta ulatuski allub pidevatele muutustele, kasvab nii laiuti kui ka sügavuti ja on seepärast määrateldav ainult teatava ligikaudsusega.

Hariduse ülesanded, mis seisavad meie nõukogude kooli ees, on äärmiselt suured. Nad muutuvad kogu aja keerulisemaks, sest teadus sammub edasi ja rikastub vahetpidamata uute faktidega.

Meie nõukogude koolile on väga iseloomulik, et **teaduse ja õppeaine sisu vahel ei ole ega saagi olla vastuolu.** Õppeaine sisu muidugi ei saa täielikult ühtuda teadusega, kuid ta peab vastama sellele. Seepärast tuleb nõukogude koolis, nagu seda näitab V. I. Lenin, õppida just **„teaduste põhialuseid".** Seega ei tohi füüsika kui õppeaine kujutada endast midagi muud kui füüsikateaduse põhialuseid. Siit järeldub vajadus üles ehitada selline kooli-füüsika kursus, mis looks **füüsika teadmiste kindla süsteemi** ja viiks **teadusliku maailmavaate** aluste kujunemisele.

Selle süsteemi sisu ja maht määratakse kindlaks vastavalt antud koolitüübi (seitsmeklassilise, tööstus-, keskkooli) ülesandeile, samuti ka sõltuvalt õpilaste teadmiste, arengu taseme ja vanuse iseärasustest.

Kooskõlas põhimõttega füüsika kui teaduse aluste õppimisest koolis on väga oluline, et aine sisu oleks teaduslikult õige, hoolimata ta suuremast või väiksemast elementaarsuse-astmest.

„Õpetamine keskkoolis, nagu muide ka iga õpetamine, ei saa olla muidugi ammendav. Kuid teda tuleb üles ehitada nii, et õppija edaspidi võiks ja peaks teadmisi täiendama, mitte kunagi aga poleks sunnitud ümber õppima." [1]

Seega ei tohi õppeaine mingil juhul anda moonutatud teadmisi, kuigi ta on sunnitud andma mittetäielikke teadmisi.

Käsitluse teaduslikkust ei saavutata hoopiski mitte mitmesuguste täpsustuste ja märkuste esiletoomisega või tähelepanu juhtimisega kõige väiksematele üksikasjadele. Käsitlus on teaduslik, kui ta on **üles ehitatud õiges vastavuses sügavate ja juhtivate teaduslike vaadetega.** Nii näiteks peab keemia käsitluse aluseks olema D. I. Mendelejevi perioodilisuse seadus; botaanika või zooloogia käsitlusel — evolutsiooniidee, arenemine ja võitlus olemasolu eest; füüsika käsitlusel — energia jäävuse seadus ja molekulaar-kineetilised kujutlused.

Õeldust ei järgne sugugi mitte, nagu tuleks käsitlust alata neist abstraktseist ideedest; jutt on sellest, et *käsitlusel tuleb neid ideid kogu aja silmas pidada.* Pedagoogiline käsitlus ei tohi olla ainult „kompilatsiooniks" ja ainult „lihtsustuseks"; ta peab olema kantud esitatavate vaatepunktide ühtsusest, ta peab ilmutama omapära, mis on lähedane teaduslikule loomingule.

[1] „Курс физики" под ред. Г. С. Ландсберг, I k., 1944, eessõna, lk. 6.

§ 3. Füüsika metoodika ja tema ülesanded.

Füüsika metoodika, toetudes ühelt poolt füüsika kui teaduse metodoloogiale, teiselt poolt aga pedagoogikale ja psühholoogiale, seab oma põhiülesandeks **füüsika kui õppeaine sisu kindlaksmääramise** ja õpilastele **teadmiste edasiandmise** kõige efektiivsemate **viiside selgitamise.**

Kuna füüsikat õpitakse meie nõukogude kooli mitmesugustel astmetel, siis peab vastavate füüsika-kursuste ülesehitus olema selline, et peale antud koolitüübile seatud eesmärkide saavutamise oleks tagatud nende füüsika-kursuste järgivus tõusvas joones. Seega on metoodika üheks ülesandeks ka selle järgivuse tagamine (§§ 52—54).

Käesolevas käsiraamatus käsitellakse füüsika metoodikat, mis vastab teadmiste esimesele astmele (§ 54), mis on üldhariduslikuseitsmeklassilise kooli õppeaineks.

Vaatleme neid konkreetseid ülesandeid, mis seisavad seitsmeklassilise kooli füüsika metoodika ees:

1) Esimeseks ülesandeks on **füüsika kursuse sisu kindlaksmääramine,** teiste sõnadega — selle õppematerjali kindlaksmääramine, mis peab moodustama füüsika-teadmiste esimese kontsentri. Selle ülesande määravad kindlaks seitsmeklassilise kooli õpetamise üldeesmärgid (§ 4) ja see tuleb lahendada kooskõlas nõuetega, mida esitavad füüsika-alaste teadmiste üldhariduslik tähtsus, käsitluse teaduslikkus ja õpilaste jõu kohasus (§§ 5 ja 6).

Esimene aste moodustab *füüsika-alaste teadmiste selle miinimumi, mis on vajalik ja küllaldane füüsika-teadmiste kindla süsteemi loomiseks, teadusliku maailmamõistmise ja mõtlemise elementide arendamiseks õpilastes,* aga ka *mõningate tegelikku laadi oskuste omandamiseks.*

2) Füüsika metoodika teiseks ülesandeks on õppematerjali õppimise järjestuse kindlaksmääramine. Selle järjestuse võivad määrata ühelt poolt metodoloogilised kaalutlused (näit. liikumise vormide tundmaõppimine nende keerukamaks muutumise järjekorras, § 1) ja teiselt poolt õpilaste oskused, teadmised ja areng, samuti ka nende vanuse iseärasused. Materjal tuleb paigutada sellises järjestuses, et raskuse määr kasvaks järk-järgult ja et ühe või teise küsimuse keerulisus oleks vajalisel määral kergendatud eelneva õppimisega. Üks ja sama küsimus võib osutuda õpilastele raskuse poolest erinevaks, sõltuvalt õppimise järjestusest, seda enam aga ettevalmistusest sellele õppimisele.

3) Metoodika kolmas ülesanne on **meetodite või võtete kindlaksmääramine** õppematerjali kõige tõhusamaks **õppimiseks ja omandamiseks** õpilaste poolt. See tõhusus on tingitud ühelt poolt õppimise sügavusest ja täielikkusest, teiselt poolt aga õppimiseks ning omandamiseks kulutatava töö ja aja lühendamisest võimaliku miinimumini.

Füüsika õpetamise meetodid on arvukad ja mitmekesised; nendega tutvumine on seda tähtsam, et nende õige kasutamine soodustab väga tunduval määral õppimise tõhusust. Sealjuures osutub, et ei tule kasutada mingit ühte meetodit, vaid füüsika erinevad küsimused nõuavad nende paremaks selgitamiseks ja omandamiseks kord ühte, kord teist õpetamise meetodit (§ 12, 4).

4) Metoodika neljanda ülesande moodustab nende kasvatuslike **abinõude kindlaksmääramine,** millede läbiviimine on võimalik ja vajalik füüsika õpetamisel.

5) Metoodika viiendaks ülesandeks on füüsika õpetamiseks vajaliku materjal-tehnilise baasi kindlaksmääramine. Füüsika-kabineti ja laboratooriumi sisustamine ning majandamise oskus on õpetaja eduka töö vajalikuks tingimuseks.

6) Füüsika metoodika kuuendaks ülesandeks on õpetaja **õpetamine füüsika-katsete metoodika ja tehnika** eripraktikumi alal, s. o. teadmiste ja oskuste kujundamine, mis on vajalikud demonstratsioon-katsete ja laboratoorsete tööde korraldamiseks.

See on füüsika metoodika üks tähtsamaid osi, kuna katse on baasiks, millele toetub kogu füüsika õpetamine seitsmeklassilises koolis.

7) Füüsika metoodika seitsmendaks ülesandeks on vaadelda küsimusi **graafilise materjali,** s. o. **jooniste** ja **joonestiste** kujul, olgu nad demonstreeritavad või õpetaja poolt klassitahvlile ja õpilaste poolt vihikutesse reprodutseeritavad.

8) Lõpuks viimaseks väga tähtsaks ülesandeks on metoodiliselt läbi töötada küsimused klassivälisest tööst, mida kasutatakse füüsika õpetamise süvendamiseks ja täiustamiseks, samuti ka kasvatuslikel eesmärkidel.

TEINE PEATÜKK.

KESKKOOLI FÜÜSIKAKURSUSE SISU JA ÜLESANDED.

§ 4. Seitsmeklassilise kooli üldülesanded.

Seitsmeklassilise, nagu ka iga teise nõukogude kooli põhiülesandeks on ette valmistada tulevasi aktiivseid **kommunistliku ühiskonna ehitajaid,** kes on võimelised kindlustama Nõukogude riigi jõudu ja võimsust. Seda ülesannet lahendatakse mitmesuguste võtete ja viisidega, mis moodustavad ühe orgaanilise terviku.

Õpetamise konkreetsed ülesanded seitsmeklassilises koolis võib kokku võtta järgmisteks:

1) Täpselt piiriteldud **süstemaatiliste teadmiste ringi omandamine** õpilaste poolt.

2) Õige **maailmavaate** ja **dialektilis-materialistliku mõtlemise** algmete loomine õpilastes.

3) Ettevalmistus **hariduse** edasiseks **jätkamiseks** keskkoolis, tehnikumis, mitmesugustel kutse-kursustel jne.

4) Teatavate **teadmiste ja oskuste** andmine, mis on kindlaks määratud õppeprogrammidega ja on vajalikud **tegelikus töös** põllumajanduses, tööstuses, transpordis jm.

Need ülesanded ühendavad endas nii õpetamist kui ka kasvatamist. Kuid õpetamisel endal juba peab nõukogude koolis olema kasvatuslik iseloom (§§ **10** ja **11**).

Füüsika kui teaduse iseärasused, tema määrav osa loodusteaduste ja teiste teaduste ning tehnika alusena annavad talle määratu suure tähtsuse üldises ja polütehnilises hariduses.

§ 5. Füüsika algkursuse ülesanded.

Kooli ees seisvast üldeesmärgist järgnevad ka need ülesanded, mis on seatud füüsika õpetamisele.

Füüsika algõpetus peab vastaval määral:

1) andma **teadmisi** kõige levinenumaist, **üldhariduse jaoks kõige tähtsamaist füüsikanähtustest.** Need teadmised peavad olema elementaarsed, lihtsad ja õpilastele mõistetavad. Nad peavad sisaldama: katselisi fakte, sõnu ja termineid, mis on vajalikud nende kirjeldamiseks; suurusi ja ühikuid, mis on vajalikud mõõtmiseks ja seoste loomiseks faktide vahel lihtsamate kvantitatiivsete füüsika seaduste kujul;

2) kätte õpetama a) õpitavate **füüsikanähtuste vaheliste seoste** teadmist ja mõistmist ning b) oskust **rakendada** nende seaduste tundmist lihtsate nähtuste seletamiseks, mis esinevad igapäevases elus, looduses, tööstuses;

3) tutvustama õpilasi **füüsika rakendustega** tehnikas, sealhulgas sõjaasjanduses, andes neile mõningal määral teadmisi kõige tähtsamaist puht-tehnilistest üksikasjadest;

4) **arendama** mitte ainult **õpilase mõistust**, vaid teatava määrani ka ta **käsi**, õpetades teda käsitsema füüsika katse- ja mõõteriistu füüsika-katsete ja lihtsamate mõõtmiste teostamiseks, samuti andma mõned polütehnilist laadi oskused (§ **10**, 4);

5) näitama õpilastele olemasolevate teadmiste ja oskuste varal võimalusi **iseseisvaks katseliseks uurimiseks** ja õpetama kasutama iseseisvat katset neile jõukohastel juhtudel;

6) looma õpilastes **mõtlemise harjumusi**, mis, arendades analüüsimisvõimet, juuriksid välja eelarvamused ja traditsioonilised absurdsused loodusnähtuste seletamisel ning valmistaksid ette **dialektilis-materialistliku maailmavaate** omandamisele;

7) nende ülesannete lahendamine õpetamise protsessis peab **kasvatama** õpilasi (§ **11**) kooskõlas kooli üldeesmärgiga (kommunistlik kasvatus).

Kõigi nende ülesannete lahendamist, mis seisavad füüsika algõpetuse ees, teostatakse samaaegselt kogu kursuse ulatuses, sest lahendades ühte nimetatud ülesandeist, tuleb paratamatult sel või teisel määral lahendada ka mõnda teist nendest.

Eespooltoodud probleemide uurimine võimaldab kindlaks määrata nii füüsika algkursuse sisu ja käsitluse järjestuse kui ka õpetamise meetodid, s. o. lahendada füüsika metoodika põhiülesanded.

§ 6. Õpilaste teadmiste sisu füüsika alal.

Vaatleme, missugune peab olema füüsika algkursuse edukalt läbivõtnud õpilaste teadmiste sisu.

Õpilaste teadmised ja oskused füüsika alal koosnevad järgmistest elementidest:

1) *Füüsikaliste faktide* (nähtuste) tundmine, s. o.

a) tutvumine faktidega ja oskus neid kirjeldada ning

b) nähtuste esilekutsumiseks vajaliku aparatuuri ehituse tundmine ja selle kasutamise oskus.

2) Empiiriliselt fikseeritavate (katsetega selguvate) *üksikfaktide* teadmine ja *põhjuste ning järelduste* vastavusse seadmise elementaarne oskus, s. o. induktiivse järeldamise oskus.

3) *Füüsika põhimõistete* ja vastava *terminoloogia* tundmine.

4) Leitud seoseid üldistavate kvalitatiivsete *reeglite* ja *seaduspärasuste sõnastuse* tundmine. Vaadeldavate nähtuste omaduste teatava lihtsustamise ja skematiseerimise vajaduse mõistmine.

5) Oskus *eraldada* uuritavais nähtustes *füüsikalisi suurusi* ja nende määramise ning võrdlemise võtete tundmine.

6) Suuruste mõõtmiseks kasutatavate *ühikute* ja suuruste mõõtmise võtete tundmine.

7) Suuruste *funktsionaalse seose* mõiste, kvantitatiivsete füüsika-*seaduste* tundmine ja nende väljendamine graafiku või valemi abil.

8) Oskus jõukohaselt uurida graafikut või valemit, s. o. oskus lihtsamateks deduktiivseteks järeldusteks või järeldusteks tundmaõpitud seadusest.

9) Oskus *iseseisvalt uurida* nähtusi, mis on analoogilised tundmaõpitutega, ja *lahendada* katselisi, kvalitatiivseid ja kvantitatiivseid *füüsikaülesandeid.*

10) Tundmaõpitud aine tehniliste ja teaduslike *rakenduste* tundmine.

11) Mõiste sellest, kuidas tundmaõpitud empiiriliste materjalide ja teoreetiliste järelduste põhjal luuakse *„õpetus ühest või teisest nähtusest".*

12) Mitmest „õpetusest" ühe üldise printsiibi ehk kujutluse, s. o. *füüsikalise teooria* tekkimise mõiste.

13) *Seostatud füüsikalise maailmapildi* tekkimise ettevalmistus õpilastel.

Kõik need üksikud füüsika-alaste teadmiste elemendid tekivad järk-järgult füüsika igas osas, lähtudes algul täiesti konkreetsetest teemadest, millede sisu on kätte juhatatud programmis. Neis teadmiste elementides tuleb ühendada õpetamise „materiaalset" ja „formaalset" külge. Pole kaugeltki küllaldane, et õpilased ainult „peaksid meeles"; on vajalik, et kõik õpitu oleks nende poolt „mõistetud" ja „omandatud", mille tulemusena teadmised osutuksid „tõhusateks", s. o. õpilased oskaksid *ära kasutada* neid eri juhtudel ja mitmesugusteks eesmärkideks. Füüsika-alaste teadmiste elemendid, nagu see on näidatud eespooltoodud loetelus, peavad järk-järgult ikka enam ja enam laienema; esialgu ühes valdkonnas tundmaõpitud faktid *liituvad* teiste valdkondade faktidega, luues õpilaste teadvuses samm-sammult teadmise füüsika-teadusest, mis on ulatuselt ja sügavuselt jõukohane nende vanusele. Seejuures ei tohi unustada põhiteesi, et iga üldistus on võimalik ainult esialgsete määravate faktide hea omandamise eeldusel ja et kogu kursuse läbivõtmise protsess tuleb ehitada just sellele printsiibile.

Katse ja teooria osatähtsust ja vastastikust suhet on selgitatud § 7.

Füüsika algkursuse õppimise tulemusena peab õpilastel kujunema kui just mitte maailma ühtne, seostatud füüsikaline pilt ise, siis igal juhul peavad nad saama kujutluse sellisest pildist.

Füüsika algkursuse konkreetse sisu määrab kooli õppeprogramm. See sisu on küllaldase täielikkusega esitatud §§ **52—111** metoodilistes juhendites ja lühikeses ülevaates programmist (§ **54**).

§ 7. Katse ja teooria füüsika kursuses.

1. Katse füüsika kursuses. Füüsika õpetamisel **etendab füüsikaline katse määravat osa**, olles **füüsika esitamise aluseks**. Erilise tähtsusega on katse füüsika algkursuses alg- ja põhimõistete kujundamisel. Teooriat aga, õpilaste vanuse ja nende teadmiste vähese varu tõttu, ei saa nii laialdaselt arendada, nagu see on võimalik keskkooli füüsika teises kontsentris, s. o. 8.—11. klassis. Kuid oleks täiesti väär arvata, et 6. ja 7. klassi õpilased tutvuvad füüsikaga ainult kui katsega. Katsed muutuksid siis paljalt huvitavateks trikkideks ja tühiseks askeldamiseks katseriistadega, kui nende sisu ei avataks n ä h t u s t e v a h e l i s e s e o s e selgitusega, s. o. kui nendega ei käiks kaasas t e a t a v a d t e o r e e t i l i s e d oletused. *Katse varal aga toimub üldistamine ja füüsika teeside ning seaduste kindlakstegemine.*

Iga üldistus vajab eelkõige vastavate faktide tundmist ja mida laiemad ning sügavamad on nende põhjal tuletatud teoreetilised teadmised, seda suurem peab olema faktide hulk õpilase käsutuses.

1) Kursuse alguses on õpilastel, kes pole küll füüsikat varem õppinud, siiski teatav hulk teadmisi **füüsikalistest faktidest**, mis on ammutatud **igapäevasest elust** ja algõpetusest koolis. Mõnede füü-

sikaliste nähtustega on õpilased isegi niivõrd tuttavad, et need on muutunud neile tavalisteks, nende seletused aga, mõnikord küll ebaõiged, endastmõistetavateks. Nende elustammutatud kogemuste ulatus ja sügavus sõltuvad õpilase ümbruskonnast ja õppetöö olukorrast algklassides. Nende teadmiste olemasolu ei saa jätta arvestamata, kuid toetuda ainult neile füüsika õpetamisel ei saa. Peale selle pole ainuüksi igapäevase elu tähelepanekutest kaugeltki küllalt füüsika kursuse ülesehitamiseks; mõne ala kohta võivad aga vaatlused täiesti puududa. Seepärast tuleb õpilaste elust ammutatud kogemustele vaadata kui abimaterjalile; seda tuleb füüsika tundides tingimata kasutada ja täpsustada, rakendades korduvaid vaatlusi katsete abil klassis. *Faktide põhialliks on katsed, mida teostab vahetult õpetaja või õpilased ise.* Kui lihtsad need füüsikalised nähtused sealjuures ka ei oleks, ikkagi tuleb neid tingimata esitada ja vastavad seletused või üldistused rajada nende nähtuste vaatlemisele õpilaste poolt.

2) Iga katse puhul, olgu ta korraldatud demonstratsioonina (õpetaja näidatav) või laboratoorse tööna (õpilaste teostatav), võib eristada kolme staadiumi:

a) Tutvumine aparatuuriga, selle vaatlemine, aparatuuri osade nimetamine ja kirjeldamine ning otstarbe selgitamine.

b) Nähtuse esilekutsumine või katse näitamine.

c) Järeldused katsest, seoste kindlakstegemine katses esinenud nähtuste vahel.

Esimene staadium on ettevalmistav; selles antakse kasutatava aparatuuri ehituse seletus, selleks et õpilane saaks teada, missuguste abinõudega saab esile kutsuda antud füüsikalist nähtust. Tuleb selgeks teha kasutatava aparatuuri kõikide osade otstarve ja ehitus; neid tuleb nimetada vastavate terminitega. Tulemuseks peab õpetaja saama täieliku veendumuse, et iga nimetusega on õpilastel ühendatud täiesti kindlad ja õiged kujutlused. Tehes niisugust tööd süstemaatiliselt õpetamise algusest peale, saab õpetaja täieliku tagatise, et õpilased teda katse kirjeldamisel alati mõistavad ja hakkavad ka ise katseid teadlikult kirjeldama.

Teine ja kolmas staadium põimuvad loomulikult teineteisega ja mõnikord vahetavad oma kohti, s. o. õpetaja võib ette teatada katse tulemuse enne selle teostamist. Õpilane peab käsitama katset, mida ta vaatleb, kui näidist suurest hulgast analoogilistest katsetest, mida teostatakse samades tingimustes. Õpetaja seletused peavad õpilastes tekkivaist tajumustest kujundama „üldise" iseloomuga mõisteid. Muuseas suure hulga füüsikakatsete puhul tekib vajadus nähtustes välja tõsta mõistet — suuruse ja leida nende vahekordi. See siis tähendabki, et õpilane mitte ainult ei „vaata" katset, vaid taipab ka selle sihitlust. Seega on füüsikakatse puhul abstraktse mõtlemise elemendid lahutamatud vahetuist muljeist.

Füüsika kursuse läbivõtmise käigus, kas katset ettevalmistavas staadiumis või isegi enne seda, hakkab ikka sagedamini ja sagedamini ilmnema tulemuste „ettenägemise" element. Katset ei tule korraldada nagu juhuslikult, vaid ümberpöördult — tal peab olema kindel eesmärk. Õpilaste harjutused katse kavandamises või näidatud katse variantide otsingutes on äärmiselt tähtsad, sest nad soodustavad tunduval määral mitte ainult aine paremat omandamist, vaid ka mõtlemise arendamist. Kogu kursuse või iga ta uue osa alguses teenivad katsed teatava aja jooksul peamiselt faktilise materjali kogumise eesmärki, kuid sedamööda kuidas teema areneb, tuleb kohe üle minna juba tehtud katsete arutlemiselt uute katsete kavatsemisele, ergutades selleks ka õpilasi.

Kursuse läbivõtmise jooksul, sedamööda kuidas õpilased on tutvunud suure hulga katsetega, peab neis välja kujunema võime „kujutella" endale ühte või teist katset joonise või kirjelduse järgi. See võime, mis on väga tähtis füüsika omandamise kergendamiseks, ei teki õpilastel kohe. Pole võimalik näidata kõiki maailmas olemasolevaid katseid, veel vähem neid kõiki ise läbi teha; paljudest neist tuleb ainult lugeda või kuulda. Kui õpilastel on juba varem olemas tutvus katsega, siis nad võivad „kujutella" uut, varem nägemata katset, kasutades analoogiaid.

See asjaolu tõstab katsega tutvustamise esimese staadiumi tähtsust, teeb eriti tähtsaks suure hulga katsete näitamise kohe füüsika kursuse alguses.

2. Katsete ülesanne ja katsete korraldamise viisid. Eelmises paragrahvis esitatust järgneb, et katseid on võimalik korraldada mitmel viisil, nii katse teostamise tehnika, kui ka tema ärakasutamise mõttes füüsika õpetamisel. Sealjuures tuleb silmas pidada, et katsega taotletav eesmärk, katset saatvad seletused ja katse väline kujundus on suurel määral üksteisega seotud. Enne katse sihitluse ja katse korraldamise viisi kindlaksmääramist tuleb alla kriipsutada katse ja teooria lahutamatut seost. Seda seost selgitame allpool teoreetilise elemendi tähtsuse vaatlemisel füüsika õpetamise protsessis (§ 8).

Füüsika õpetamisel esinevad katsed võib jaotada kolme rühma:

a) Katsed *tutvumiseks nähtustega*, näit.: ujumine, keemine, soojusjuhtivus, konvektsioon jms., või *aparatuuriga*, mis tekitab ühte või teist füüsikalist tingimust (näit. õhupumba töötamise, galvaani elemendi ehituse vaatlemine jms.).

b) Põhikatsed, milledega tehakse kindlaks *uusi seoseid nähtuste vahel* või *seaduspärasusi*, mis pole õpilastele veel tuttavad (näit. elastse plaadikese nõkkuvajumine; magdeburgi poolkerad õhurõhu tundmaõppimisel, elektrivoolu mõju jms.).

c) Katsed, mida kasutatakse *järeldusteks õpitud seaduspärasusest* või mis näitavad seaduspärasuse *rakendust* (näit. elektrilambi põlemine elektrivoolu soojusliku toime tulemusena, veepumbad, elekterkõlisti jne.).

Esitatud liigitusega on seoses katsete korraldamise viisid füüsika õpetamisel ja nimelt:

a) Katse korraldatakse ühe või teise, olgu õpilastele tuntud või ka tundmatu füüsikalise nähtuse esiletoomiseks või seaduspärasuste kindlakstegemiseks; seejuures katsega käivad kaasas niisugused manipulatsioonid aparatuuriga ja õpetaja seletused, mille tulemusel õpilased saavad ammendava kujutluse nähtusest või nähtuste seosest. Õpetaja ise näitab katset, seletab seda, teeb järeldusi, täielikult juhtides õpilaste mõtet, — selline on füüsika õpetamise laialt levinud viis, mida tingimisi võib nimetada „dogmaatiliseks".

b) Korraldanud katse, võib valmistada ette pinnast järelduse tegemiseks, kuid seda järeldust siiski mitte teha; sellist viisi nimetatakse **heuristiliseks.** Ta võimaldab *õpilastel endil leida* neile jõukohastel tingimustel *järeldus.*

c) Katse korraldatakse eesmärgiga näidata mõnda nähtust, jättes õpilastele ette ütlemata, kuidas nähtus kulgeb või kuidas teda seletada. Vaatlust, seletust ja mõnd edasist järeldust ootab õpetaja oma kavatsuse kohaselt õpilastelt endilt, kes seega asetatakse uurijate olukorda. Niisugust võtet nimetatakse tingimisi **uurimuslikuks.**

Katsete eesmärgi ja liikide küsimust on vaadeldud põhjalikumalt II köites §§ **1—3.** Siin tuleb aga märkida, et nii esimese kui ka teise katsete eneste ja nende korraldusviiside liigituse iga punkt toob hoopis erinevaid jooni neisse seletustesse, mis katsetega kaasas käivad, mistõttu üks ja sama aparatuur, kasutatuna peaaegu ühteviisi, võib teenida erinevaid eesmärke.

§ 8. Füüsikaliste teooriate elemendid füüsika algkursuses.

1. Füüsikalised mõisted kui teadusliku mõtlemise elemendid. Käsitelles füüsika kursuses katsete küsimust (§ 7) näitasime, et füüsikakatsete demonstreerimise mõte seisab mitte niivõrd selle või teise füüsika-aparatuuri kasutamises nähtuse esiletoomiseks, kuivõrd nende seletuste sisus, mida annab õpetaja katset näidates.

Hoolimata oma elementaarsest laadist, ei saa ka füüsika algkursus läbi ilma mõningate füüsikaliste teooriate elementideta.

1) Teooria esimeseks elemendiks füüsika õppimisel on **teaduslike terminite ja definitsioonide sissetoomine** katse seletamisse. Juhtides tähelepanu vaadeldavaile nähtustele, tähistades neid alati ühtede ja samade sõnadega, on meil juba tegemist teadusliku mõtlemise elementidega, füüsikaliste teooriate kõige algelisemate elementidega.

2) Tavaline keel, eriti kõnekeel, on harva täpne: väga sageli kasutatakse sõnu nende mõttelises tähenduses üksteise asemel ja neil pole täpselt kindlat sisu. Teaduslik keel, erinevalt kõnekeelest, ei luba sellist mõtte ebaselgust sõnades, mida ta kasutab. Nii näi-

teks kasutame me igapäevases keeles väga sageli sõna „kaal", millel on kaks täiesti erinevat tähendust: mõnikord mõistame selle sõnaga seda jõudu, millega keha tõmmatakse Maa poole, teinekord aga keha enda omadust, mis on külgetõmbe põhjuseks. Seda omadust defineeritakse füüsikas oskussõnaga keha „mass", mis ilmneb mitte ainult külgetõmbuvana, vaid ka inertsena. Igapäevases keeles vastandatakse mõistele soojus subjektiivset mõistet külmast; viimane aga puudub teaduses. Keha soojusastme iseloomustamiseks kasutatakse füüsikas oskussõna „temperatuur".

Sõna mõtte võimalikku l a h k u m i n e k u t igapäevases ja teaduslikus keeles ei tohi füüsika käsitlemisel kunagi unustada. Õpetajal tuleb alati kontrollida, kuidas õpilased mõistavad teaduslikke termineid ja veelgi enam — ka seda, kuidas nad mõistavad üldkasutatavaid sõnu.

3) Definitsioonideks teaduslikele mõistetele, millega on seotud rangelt kindlaksmääratud sisu, võivad olla mitte ainult üksikud sõnad, vaid ka terved fraasid või laused. Sel juhul on väga tähtis mitte ainult asja olemuse m õ i s t m i n e õpilaste poolt, vaid ka *oskus väljendada mõistet grammatiliselt õigesti koostatud lauses*, mis annaks edasi katses täheldatud nähtustevahelise seose.

Nii näiteks kui räägitakse, et „juhet läbib elektrivool", siis selles lauses peavad õpilased selgesti tajuma, mis on „juhe", mida tähendab pöördsõna „läbima" elektrivoolu suhtes, mida tuleb mõista sõnaga „elektrivool". See lühike lause sisaldab endas väga laialdast sisu, ta on ka teatavaks teaduslike terminite kombinatsiooniks katses tundmaõpitud faktidevahelise seose väljendamiseks.

2. **Mõistete kujunemise käigust.** *Mõistete kujunemise käik õpilastes on pikaldane ja keerukas.* Mõiste ei teki kaugeltki kohe, vaid areneb ainult j ä r k - j ä r g u l t. Mõiste, nagu ta õpilasel alguses tekib, on tavaliselt ainult teatavaks lähenduseks oma tõelisele sisule, on teataval määral ahendatud või ühekülgne. Füüsikaliste nähtuste vaatluste arvu suurenemisel mõiste t ä p s u s t u b, l a i e n e b, ja lõpuks, alles pärast teatavat hulka neid vaatlusi ja pärast teatavat mõtlemise perioodi, avaneb õpilase teadvuses m õ i s t e p õ h i o l e m u s.

1) **Mõistete sissetoomine** ja nende lõplik kujunemine füüsika algkursuses toimub **füüsikaliste nähtuste vaatluste, s. o. katsete põhjal.** Teaduslike mõistete kujundamisel füüsika alal on iseloomulik vaadeldavate nähtuste teatava lihtsustuse lubamine, teiste sõnadega — teatav „idealiseerimine". Arvukaist meelelistest muljetest, mis tekivad füüsikaliste nähtuste ja nende esiletoomiseks kasutatavate riistade vaatlusel, pole mõiste tekkimiseks vajalikud kaugeltki kõik, vaid ainult teatavad rangelt kindlad jooned neist. Nende iseloomulikkude põhijoonte valik mõiste olemuse esiletoomiseks kujutabki endast lihtsustust ehk idealiseeringut.

Selleks, et näidata, kuivõrd keerukas on mõistete tekkimine õpilastel, toome mõned näited:

Õpilane vaatleb nähtusi, mis toimuvad galvaani elementide patareiga ühendatud juhtme ümber; neist vaatlustest peab tal tekkima elektrivoolu mõiste.

On ilmne, et nende vaatluste tulemusena õpilase teadvuses tekkinud kujutlusi on vähe ja nad pole küllaldased selleks, et nende põhjal võiks kohe tekkida elektrivoolu mõiste. See mõiste hakkab kujunema järk-järgult ja kujuneb välja (ning olgu veel öeldud, mitte täielikult, vaid ainult teatava määrani) alles pärast kogu elektri kursuse tundmaõppimist.

Õpilane vaatleb mitmesuguste kehade soojenemist erinevates tingimustes. Ta näeb, et muude tingimuste samadeks jäädes ühed kehad soojenevad kiiremini kui teised. Koolitöö kogemused näitavad, et on vaja palju ja mitmekesiseid vaatlusi selleks, et õpilasel võiksid tekkida õiged mõisted soojuse hulgast, soojusmahtuvusest ning erisoojusest ja välja areneda selged kujutlused nende mõistete erinevuse kohta temperatuuri mõistest. Nende mõistete õigsust aga tuleb tingimata saavutada, sest seoses temperatuuri mõistega nad peavad moodustama ühe mõistete süsteemi, mis võimaldab luua teatava üldise õpetuse soojusnähtustest, teatava soojusnähtuste „teooria", mis ühendab erisuguste kehade soojendamisel täheldatavaid fakte.

2) Vaatleme veel mõningaid näiteid, selleks et avastada füüsikaliste teooriate elementide tekkimise edasisi staadiume. Katsetel saadud vaatluste põhjal saab defineerida, mida nimetatakse elektrivooluks. Võib öelda, et „juhet läbib elektrivool, kui ta soojeneb", või et „juhet läbib elektrivool, kui juhtme lähedusse asetatud magnetnõel kaldub kõrvale oma esialgsest asendist". Järelikult *füüsikas saadakse mõisteid teatavate nähtuste vaatlemise tulemusena.* Kuid see on alles füüsikalise teooria kõige e s i m e n e staadium, millele järgnevad edasised. Nii näiteks mõiste soojuse hulgast omandab edaspidi „energia" teatava eri liigi mõtte; elektrivoolus nähakse „elektri" liikumist. Lõpuks võib esineda veel laialdasem üldistus, mis soojuse puhul avaldub kujutlustes molekulide liikumisest soojendatud kehas, elektrivoolu puhul aga kujutlusena elektri algosakeste — elektronide liikumisest juhtmes.

Niiviisi **avardub ikka enam ja enam teoreetiline kujutlus nähtustest**, mida on täheldatud katsetel; kuid ta jääb ikkagi teatavaks „l i h t s u s t u s e k s" tõelisusest, nagu ta on olemas reaalses füüsilises nähtuses.

Õpetajal tuleb pöörata kõige tõsisemat tähelepanu eelkõige põhimõistete kindlale põhjendamisele vahetute katsete ning õpilaste poolt neist saadud tajumuste abil ja pidada silmas seoste tekkimise järk-järgulisust vaadeldavate nähtuste vahel. Peale selle tuleb kontrollida, kuivõrd õigesti on mõisted õpilaste poolt omandatud.

Lubamatu on õpilasel kasutada arutlustes mõisteid, millede juured või millede tekkimine p o l e tal t ä i e s t i s e l g e. Juhul, kui

õpetaja märkab seda teooria eraldumist praktikast, tuleb korrata katset, vajaduse korral tema uue tõlgendusega.

Teiselt poolt aga ei tule arvata, et **teoreetilisi kujutlusi saab „avastada" õpetaja ja tema õpilaste poolt iseseisvalt füüsika tundides** ainult nende katsete abil, mida on näidatud klassis, või on teostatud laboratoorsetel töödel. Füüsikalistest teooriatest saab õpilane teada õpetaja jutustusest, kusjuures esitus võib sageli olla peaaegu dogmaatilist laadi.

Kuid õpilasel peab olema täielik veendumus, et kui temale ei anta edasi kogu faktide ja järelduste ahelat, mis on vajalik teatavate teoreetiliste teeside kindlaksmääramiseks, siis on see tingitud ainult sellest, et niisugune tee on liiga pikk ning keeruline ja et niisugune teeside ahel, mis on ammendavalt tõestatud katsete abil, on kindlaks tehtud teaduse poolt.

Dogmaatiline esitusviis pole sel juhul kahjulik ega õpeta õpilasele dogmaatilise mõtlemise võtteid.

Konkreetseid küsimusi mõistete sissetoomise metoodika kohta on käsiteldud metoodilistes juhendites programmile (§§ **52—111**).

3. Füüsikalised teooriad füüsika algkursuses. Me vaatlesime füüsikalise teooria neid elemente, mis on seotud katse seletamise ja põhimõistete sissetoomisega, sest just neid elemente rakendatakse kõige sagedamini füüsika algkursuses. Tavaliselt aga mõeldakse füüsikalise teooria all katseliste faktide palju abstraktsemaid ja laialdasemaid üldistusi.

Füüsika algkursuses esineb füüsikaliste teooriate võrdlemisi sügavamat tundmaõppimist ainult energia mõiste puhul. Just *see nüüdisaegse füüsika kõikehaarav õpetus peab olema aluseks maailma sellele füüsikalisele pildile, mille kujunemisele tuleb viia õpilased füüsika algkursuse läbivõtmise lõpuks.* Sellest, kuidas seda saavutada, on öeldud pikemalt metoodilistes juhendites programmi eri teemade kohta (§§ **52—111**).

Küsimust molekulaar-kineetilise ja elektroniteooria, õieti küll nende teooriate elementide sissetoomise kohta füüsika algkursusse ei saa lugeda lõplikult lahendatuks. Viimaseil aastail on programm seda küsimust seitsmeklassilise kooli kursuse jaoks lahendanud mitmel viisil. On selge, et nende teooriate elementide sissevõtmine programmi on kindlasti vajalik järgmistel kaalutlustel:

1) Kaasaegse teaduse ning tehnika võimas areng ja nende tormiline kasv meie sotsialismimaal nõuavad üldhariduslikult koolilt, et ta lõpetajail oleks teatavaidki kujutlusi **aine ehitusest**, s. o. et nende käsutuses oleksid mõisted molekulist, aatomist ning tema peamistest koosteosadest — tuumast ja elektronidest. Selle ülesande lahendamine on võimalik füüsika ja keemia õpetajate ühiste pingutustega. Eriti tähtsaks muutub see tänapäeval, ühenduses aatomi siseenergia kasutamise avastamisega.

2) Molekulaar-kineetilise ja elektroniteooria elementide sissetoomine hõlbustab mõnel juhul nähtustevaheliste seoste kindlaks-

tegemist. Nende teooriate elementide põhitähtsus seisab aga selles, et tervel real juhtudel õpilased saavad seletuse õpitavate nähtuste füüsikalisest olemusest. Piisab, kui nimetame näidetena kohesiooni, gaasi rõhu, sulamise, aurumise, keemise jms. nähtusi. Peale selle saab siis mõningaid mõisteid, nagu näiteks temperatuuri, soojushulka jm. defineerida sisuliselt, mitte ainult formaalselt. Elektroniteooria elemendid lihtsustavad tunduvalt elektrilaengu, voolutugevuse, takistuse jms. mõistete sissetoomist ning seovad empiiriliselt kindlakstehtud faktid kindlasse süsteemi.

Küsimust molekulaar-kineetilise ja elektroniteooria sissetoomise ning kasutamise metoodika kohta on käsiteldud allpool metoodilistes juhendites programmi teemade järgi (§§ 69, 76 ja 88).

§ 9. Füüsika ja tehnika ajaloo elemendid füüsika õpetamises.

1. Füüsika ajaloo tähtsus tema õpetamisel. Inglise filosoof Bacon ütleb: „Teadmist tuleb sisendada seda teed mööda, mida mööda ta on avastatud."

Esimesel pilgul võib näida väga ahvatlevana asuda füüsika algmete õpetamisel just sellele teele, juhtides õpilasi teadmise juurde esiteks vastuse tundmaõppimise kaudu ta algupärasel kujul ja siis selle evolutsiooni tundmaõppimise kaudu, mida on läbi teinud antud nähtuse katseline uurimine ning vaated sellele nähtusele. Selleks tuleb kõigepealt tutvustada õpilasi mitte ainult esialgse katselise faktiga, vaid ka nähtust esmakordselt avastanud õpetlase arutlustega sel kujul, nagu ta neid väljendas.

Kuid ühe või teise avastuse tähtsus pole aga alati olnud selge — ei kaasaegsetele ega ka teadlasele endale. Nii näiteks Galvani avastust ei mõistnud ega hinnanud õigesti mitte ainult ta kaasaegsed, vaid ka teadlane ise. Galvani avastas elektriseerumise tekkimise erisuguste metallide kokkupuutumisel, kuid ei osanud vajalikul määral oma leiutust arendada. Browni poolt 1827. a. avastatud väikseimate osakeste liikumine sai seletuse viiekümne aasta pärast ja omandas ühe füüsikalise põhinähtuse tähtsuse alles 1907.—1910. a., pärast Einstein'i, Perrin'i ja Smoluhhovsk'i töid. Galilei veendus katsel õhu raskuses, pumbates õhku anumasse ja kaaludes teda, kuid ta ei suutnud täielikult mõista õhurõhu tähtsust veepumpade tegevuseks.

Selliseid näiteid võib tuua palju. Seepärast siis oma avastuse käsitlus teadlase enda poolt ja tema poolt antud seletused ei ole alati osutunud õigeteks. Kaasaegse teaduse poolt juba hüljatud väidete õppimist aga ei tohi esineda füüsika algmete õpetamisel.

Peale selle näitab ajalugu, et teadus ei sammu tõe tunnetamisele kaugeltki alati sirget teed mööda. Teaduse arengule on iseloomulik „siksakiline" lähenemine tõele, sageli tunduvate kõrvalekaldumistega sirgelt teelt. Paljude füüsika-alaste hüpoteeside saatus on olnud

selline, et uued avastatud faktid sundisid neid paremal juhul ümber kujundama, vahel aga ka hoopis hülgama ja uutega asendama. Niisuguste hüpoteeside hulka kuuluvad näiteks õpetused kaaluta vedelikest: flogistonist, elektri- ja magnetismi-vedelikest jt.

Kui õpetamisel käia vahetult neid keerukaid teid mööda, millede kaudu üks või teine kujutlus nähtustest on juurdunud teaduse süsteemi, siis õpilased peaksid kulutama üsna asjata jõudu ja aega kogu selle lookleva tee tundmaõppimiseks.

Teaduse minevik muutub selgemaks ja lihtsamaks, kui temale vaadata ta saavutuste seisukohalt. Seega juba nendegi kaalutluste põhjal ei osutu Baconi seisukoht alati õigeks. Lõpuks osutub füüsika õppimine tema ajaloo kaudu peale mainitud põhimõtteliste kaalutluste võimatuks ka aja äärmise piiratuse tõttu.

Põhiülesandeks füüsika ajaloo elementide õpetamisse sissevõtmisel on seejuures avanev võimalus näidata õpilastele, kuidas **evolutsioneerusid kaasaegsed teaduslikud vaated**, selle eesmärgiga, et **teaduslikud tõed ei näiks kindlaksmääratuina alatiseks** sel kujul, nagu neid õpitakse.

Teadus elab, muutub, kasvab ja näidata seda arengut õpilastele on äärmiselt tähtis nende ettevalmistamisel dialektilise materialismi mõistmiseks. Just selle eesmärgiga võetakse sisse ajaloo elemente mitte ainult füüsika, vaid ka kõikide teiste teaduste põhialuste õpingutesse.

Õiget ajaloolist perspektiivi võivad õpilased saada ainult sel juhul, kui teatav ajajärk füüsika või tehnika ajaloos esitatakse neile küllalt detailselt ja konkreetselt.

Loobudes füüsika täielikust ja süstemaatilisest ajaloolisest käsitlusest, tuleb piirduda ajalooliste küsimuste vaatlusega mõningate teemade juures, mis on selleks kõige sobivamad (§ 9, 2).

Füüsika ja tehnika ajalugu võib hea eduga olla aineks klassivälises töös füüsikaringides ja teemaks õpilaste klassivälises lugemisvaras (§ 9, 3).

2. Ajalooline temaatika põhikursuses. 6. ja 7. klassi füüsika kursuses on ratsionaalne näidata teaduse arengut järgmistel juhtudel:

1) *Meetermõõdustiku* kehtestamise ajalugu. Vanade rahvuslike, keerukate vahekordadega (1 süld = 3 arssinat, 1 arssin = 16 verssokit jne.) mõõtude asendamine kümnend-alajaotusega internatsionaalsete mõõtudega.

2) Galilei, tema õpilaste Torricelli' ning Viviani', Otto Guericke ja Pascali poolt *õhu rõhu* avastamise ajalugu.

3) *Raske eseme edasinihutamise tehnika*, veejõumasinate jms. ajalugu vanal ja keskajal seoses lihtmehhanismide levikuga.

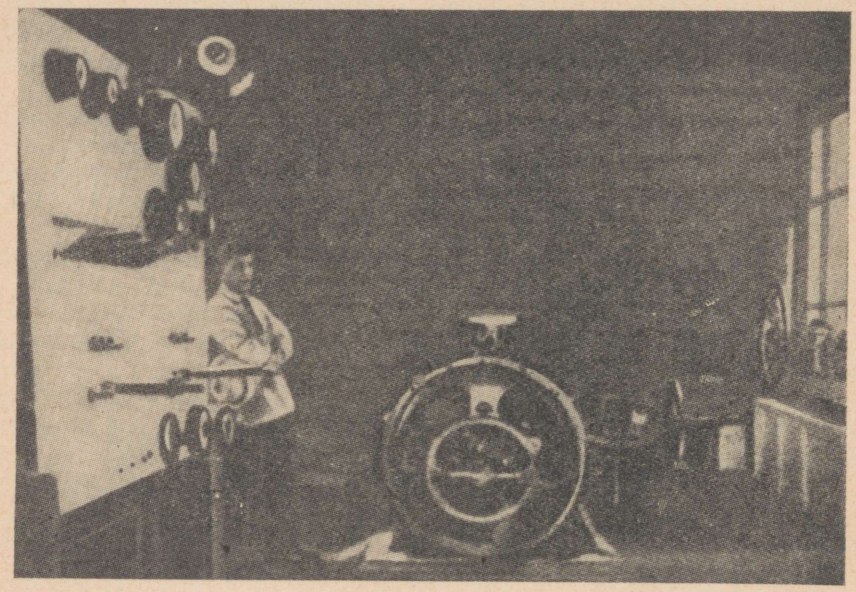
4) *Aurumasina* leiutamise ajalugu, alates kreeka insenerist Heron'ist üle Papin'i ja Newcomen'i tööde Polzunov'i ja James Watt'i juurde.

5) *Õhuelektri* avastamise ajalugu (Franklin, Rihman ja Lomonossov).

6) *Galvaani elemendi* ja *elektrivoolu* avastamise ajalugu (Galvani, Volta, Petrov ja Davy).

7) M. Faraday' poolt *elektromagnetilise induktsiooni* avastamise ajalugu.

8) Eri küsimusi *elektrotehnika* ajaloost, kus võib eriti eredalt näidata vene teadlaste tööde suurt tähtsust teadusele ja tehnikale:



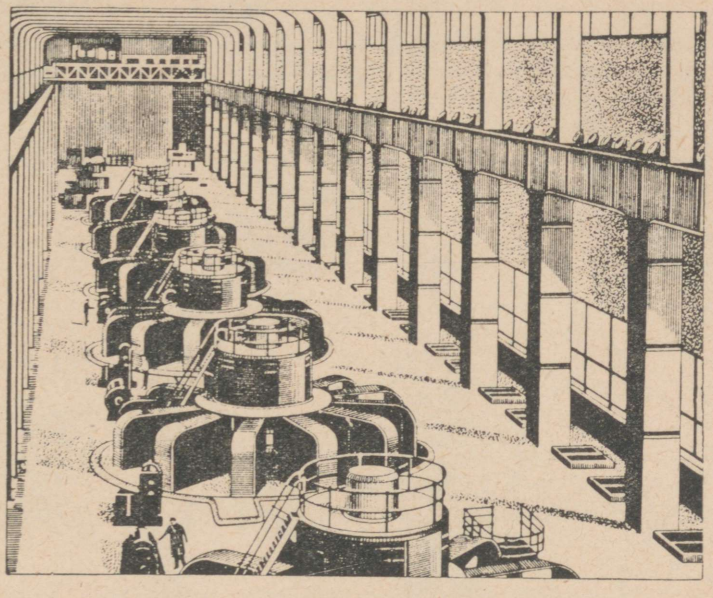
Joon. 1. Vaade ühele esimestest kolhoosi elektrijaamadest.

Elektervalgustus (Petrov, Jablotškov, Lodõgin) (§ 99, 2).
Telegraaf (Šilling, Jakobi) (§ 100, 7).
Elektrimootor (Jakobi) (§ 101, 11).
Elektrigeneraator (Lents) (§ 102, 7).
Elektrienergia edasiandmine kauge maa taha (Jablotškov, Ussagin, Dolivo-Dobrovolski) (§ 103, 7).
Nõukogude Liidu elektrifitseerimise ajalugu (joon. 1 ja 2) (§ 103, 8).

Peale loeteldud ajalooliste andmete on väga tähtis tutvustada õpilasi biograafiliste andmetega kõige silmapaistvamate teadlaste kohta. Põhjalikumale õppimisele kuuluvad Arhimedes'e, Galilei, Lomonossov'i ja Faraday' elulugu kui teaduse ajaloo mitmesuguste ning seejuures iseloomulikkude ajajärkude kõige hiilgavamate esindajate eluteed.

3. **Ajalooline temaatika klassivälistel töödel.** Täienduseks füüsika põhikursusele võib soovitada õppimise otstarbel uurida klassivälises töös (tehnikaringid) järgmisi küsimusi:

1) elamu ajalugu;
2) laeva ja aurulaeva ajalugu;
3) õhusõidu ajalugu;
4) sisepõlemismootori ja auto ajalugu;
5) raudteetranspordi ajalugu (joon. 3);



Joon. 2. Ühe hiiglaelektrijaama (Dneprogesi) masinasaali vaade.

6) valgusallikate (peerg, õli, gaas, petrooleum ja elekter) ajalugu;
7) trammi ja elektriraudtee ajalugu;
8) heli ülesvõtmise ja reprodutseerimise ajalugu;
9) optiliste riistade jms. ajalugu.

Sõjatehnika alalt on tähtsad järgmised teemad:

10) tulirelva ajalugu;
11) allveelaeva ajalugu.

Kõikide nende teemade tundmaõppimine viib peale ajalooliste andmete õpilaste füüsika-alaste teadmiste laiendamisele ja süvendamisele.

Erilist tähelepanu väärivad jutustused vene teadlastest ning leiduritest ja nii nende endi kui ka nende tööde saatuse kohta enne-revolutsiooniaegse Venemaa tingimustes. Selliste inimeste hulka



Joon. 3. Veduri ajaloo kohta ajakirjadest võetud jooniste montaaž, mis on tehtud koolis.

kuuluvad: Lomonossov, Polzunov, Petrov, Jablotškov, Lodõgin, Kibaltšitš, Popov, Tsiolkovski jt.

Harukordse külluse tõttu välismaa teadlaste nimedes, mida mainitakse füüsika õppimisel, võib õpilastel tekkida väärkujutlus sellest, et füüsikateadus on loodud ainuüksi Lääne-Euroopa teadlaste töödega, venelaste osavõtuta. Sellega tuleb otsustavalt võidelda, tehes selgeks konkreetsetel näidetel, kui palju silmapaistvaid avastusi on tehtud just vene teadlaste poolt. Ühed neist avastustest on avaldanud mõju maailma teaduse arengule üldse, teised aga avastati hiljem uuesti iseseisvalt välismaa teadlaste poolt, sest tsaari-Venemaa tingimustes, tema lõmitamisega lääne teaduse ees, ei leidnud vene teadlaste tööd rõhuval enamikul juhtudel vajalikku moraalset ning materiaalset toetust ega vajalikku avaldamist. Tundub küll anekdootiline, kuid on fakt, et valitsev klikk sai välismaa allikatest imestusega teada vene teadlaste tööde suurest tähtsusest. Lõpuks said suurimad vene leiutised teatavaks välismaa teadlastele ja esitati häbematult nende poolt omade leiutistena. Füüsika õpetaja kui nõukogude patriootide kasvataja otsene kohustus on teha teatavaks õpilastele need asjaolud ja iga teema läbivõtmisel süstemaatiliselt tutvustada neid vene teadlaste töödega, kuivõrd see osutub võimalikuks. Konkreetsed näpunäited selle kohta on toodud metoodilistes juhendites (§§ 52—111).

Vene füüsika ja tehnika ajaloole on otstarbekohane pühendada erilised klassivälised üritused.

4. Ajaloolise materjali sissevõtmise metoodika. Klassis tehtavad tööd füüsika ja tehnika ajaloo alastele teemadele (jagu 2) võivad olla mitte ainult sissejuhatuseks füüsika küsimuste tundmaõppimisele, vaid moodustada ka orgaanilise seose viimaste käsitlusega. Õpetamise ülesannet ei tule lugeda täidetuks, kui ajalooliste andmete esitamisega irdutakse õppimisele kuuluvatest füüsika küsimustest. On vajalik, et **ajalugu eelkõige aitaks õpilastel mõista, kuidas teatavad teaduslikud probleemid on tekkinud ja lahendatud seoses tegeliku elu ülesannetega.** Seda laadi kõige eredamate näidete hulka kuuluvad: meetermõõdustiku sisseseadmine (rahvusvaheliste kaubanduslike suhete arenemine); aurumasina leiutamine (universaalne jõumasin) jt.

Peale selle tuleb ajaloolise materjali sissevõtmist teostada nii, et ta hoopiski ei komplitseeriks, vaid ümberpöördult — lihtsustaks õpitava füüsika-küsimuse olemuse mõistmist.

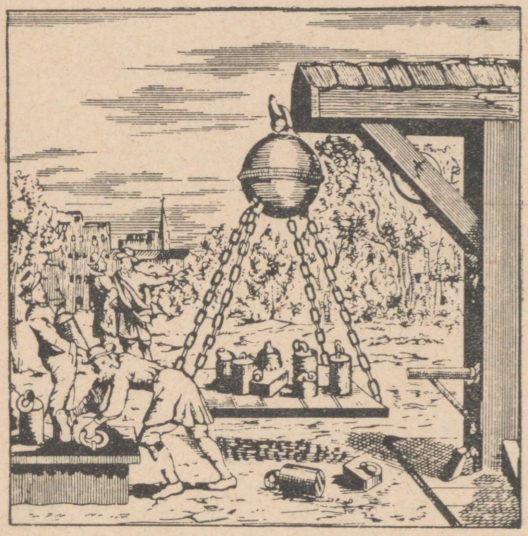
Nende mõlema nõude rahuldamiseks ongi tehtud eespool (jaos 2) toodud ajaloolise laadiga teemade valik. Konkreetsed näpunäited ajaloolise materjali käsitluse metoodika kohta on toodud metoodilistes juhendites.

Ajalooliste küsimuste käsitlemisel tuleb juhinduda veel järgmistest juhtmõtetest:

1) Avastusi füüsikas ja leiutusi tehnikas tuleb kõrvutada maailma ja vene ajaloo teiste sündmustega. Tuleb püüda anda

kujutlus sellest ühiskondlikust miljööst, milles see avastus või leiutus toimus.

2) Nendeks kõrvutusteks võib kasutada õpilaste teadmisi üld- ja kodumaa ajaloost. Kronoloogilisi daatumeid tuleb anda mitte ainult tarvitusele võetud ajaarvamise algusest, vaid ka näidates ajavahemikku, mis on möödunud esitatud ajast. Nii näiteks rääkides Arhimedese seaduse avastamisest, tuleb mitte ainult nimetada, et Arhimedes elas 287. a. kuni 212. a. enne m. a., vaid ka öelda, et ta elas ligikaudu (250 + 1947) ehk üle 2200 aasta tagasi.



Joon. 4. Üks O. Guericke katsetest magdeburgi poolkeradega.

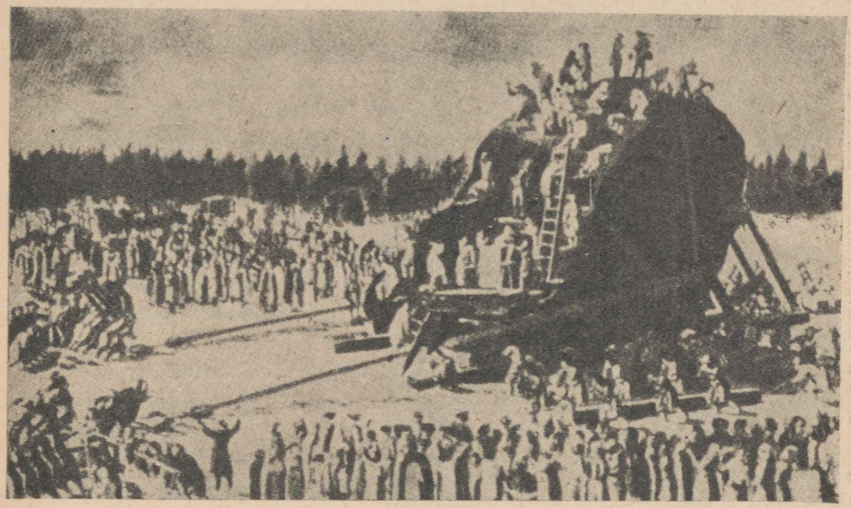
3) Väga tähtis on juhtida õpilaste tähelepanu teaduslike avastuste heroilisele eeposele, silmapaistvatele joontele teadlaste elulugudes (M. Faraday' noorus, Lomonossov'i elulugu, Galilei' „loobumine oma õpetusest", Guericke katsed linnaplatsil jne.). Jutustamisel tuleb püüda selle poole, et silmapaistvad teadlased tõuseksid õpilaste ette nagu elavad inimesed oma individuaalsete joontega kui võitlejad teadusliku maailmamõistmise eest. Tuleb igati soodustada, et õpilased püüaksid jälgendada teadlaste visadust, nende entusiasmi, nakatuksid teadusliku töö paatosest.

4) Ei tule unustada „ajaloolise anekdoodi", s. o. mitte täiesti usaldatava fakti teatavat väärtust, kui see on esitatud lühikese, ilmeka ja huvitava jutustuse vormis. Need jutustused jõuavad sageli lähemale õpilastele ja jäävad paremini meelde kui abstraktsemad ja keerukamad ajaloolised kõrvutamised. Need jutustused annavad sageli hästi edasi konkreetset ajaloolist tõelisust ja teinekord ka neid muljeid, mis ammu möödunud sündmuste kohta on säilinud järgnevate põlvkondade mälus. Selliste „anekdootide" hulka kuulub jutustus Arhimedesest, kes nagu olevat avastanud oma seaduse kümmeldes vannis ja siis joosnud Sürakuusa tänavail, karjudes „heureka" (leidsin); jutustus Galileist, kes pärast oma tõekspidamiste mahasalgamist põrutanud jalaga vastu maad ja hüüdnud: „Aga ta pöörleb siiski" jt.

5) Õpilaste huvi tõstmisele ja ettekande elustamisele aitab samuti kaasa katkendite ettekandmine teaduse klassikute algupäranditest ja mõnedest teistest ürikutest.

Selliste katkendite iseloomulikuks näiteks võib olla väljavõte M. V. Lomonossovi kirjast (26. juuli 1753. a.) Teaduste Akadeemia presidendile Šuvalovile:

„Siiski, kuni toitu lauale pandi, ma jõudsin ära oodata traadist minu tahtlikult esilekutsutud elektrisädemete ilmumist, ja sinna juurde tuli minu naine ja teised; ja nii mina kui ka nemad torkisime vahetpidamata näpuga traati ja selle külge riputatud varba



Joon. 5. „Hiigelkivi" transport Peeter Suure mälestussamba jaoks.

selleks, et ma tahtsin omada tunnistajaid tule mitmesuguste värvuste kohta, millede vastu vaidles minuga kadunud professor Rihman. Äkitselt kärgatas pikne erakordselt samal ajal, kui ma hoidsin kätt raua juures ja sädemed praksusid. Kõik jooksid minu juurest ära. Ja naine palus, et ma läheksin ära. Uudishimu hoidis mind seal veel kaks või kolm minutit, kuni mulle öeldi, et kapsasupp jahtub ära, ja sealjuures oli ka Elektrijõud peaaegu lakanud. Ma olin istunud laua taga ainult mõned minutid, kui äkitselt avas ukse kadunud Rihmani teener, üleni pisarais ja hirmunult hingeldades. Ma mõtlesin, et keegi on teda teel löönud, kui ta oli minu juurde saadetud; ta ütles hädavaevalt välja: „Professorit tabas välk" . . ."

6) Tuleb arvestada algupäraste ajalooliste mälestusmärkide ning ürikute fotode ja jooniste demonstreerimise erilist väärtust. Need demonstratsioonid aitavad tunduval määral õpilastel saada kujutlust ajaloolisest epohhist ja teadlaste elu ning töö tingimustest. Selliste ajalooliste dokumentide hulka kuuluvad näiteks jooni-

sed ja pildid: Pascal'i vesibaromeetrist; Otto Guericke' magdeburgi poolkeradest (joon. 4); Montgolfier' õhupallist; „Hiigelkivi" transpordist (joon. 5); Polzunov'i ja Watt'i aurumasinatest; veduritest (joon. 3); Rihmani surmast (joon. 6) [1]; Voltast, kes demonstreerib Napoleonile oma sammast jms. Esitatud ülesannet lahendavad ka ilukirjanduslikud teosed ajaloolistele teemadele. Peale selle tuleb samal eesmärgil näidata teadlaste [2] häid portreesid.



Joon. 6. Rihmani surm.

7) Ajalooline element peab olema eriti tähtsal kohal õpilaste klassivälises töös ja lugemises. Õpilased võivad ringi töödel ette valmistada jutustuse õpetlase eluloost, joonistada suurelt tema portree füüsikakabineti kaunistamiseks.

Eri juhtudel võib teaduslikke sündmusi esitada näitelaval, dramatiseerida. Sellist abinõu on kasutatud mõnede õpetajate poolt ja see on andnud soodsaid tulemusi.

5. Kirjandus füüsika ajaloo alalt. Füüsika õpetajale on kõige kasulikumad järgmised käsiraamatud füüsika ajaloo alalt:

I. Лакур и Аппель, Историческая физика (tõlge saksa keelest), I väljaanne 1908.

Füüsika ajalugu on esitatud füüsika osade järgi, mis märksa lihtsustab õpetajal raamatu kasutamist. Eri osa on pühendatud astronoomia ajaloole.

Raamatu ennerevolutsiooniaegse väljaande (1908. a.) kasutamisel tuleb silmas pidada, et selle mõned ideoloogilised teesid ei vasta dialektilis-materialistlikule maailmavaatele.

II. Ф. Розенбергер, История физики, под ред. И. Сеченова, tõlge saksa keelest. Esimene osa, Füüsika ajalugu vanal ja kesk-

[1] „Rihmani surma" pilt patustab ajaloolise tõe vastu (Lomonossov ei viibinud Rihmani surma juures, kuna tegi eraldi samasuguseid katseid), kuid on väärtuslik selle poolest, et annab kujuka pildi õpetlase traagilisest hukkumisest.

[2] Õpikutes toodavad õpetlaste portreed on sageli tunduvalt moonutatud.

ajal, 1934. a., 142 lk. Teine osa, Füüsika ajalugu uuel ajal, 1938. a., 342 lk. Kolmas osa, Füüsika ajalugu viimasel, XIX sajandil, I anne kuni 1840. a., 1935. a., 352 lk.; II anne kuni 1880. a., 1936. a., 44 lk.

Saksa autori raamat on varustatud S. F. Vassiljev'i põhjaliku eessõnaga, kus on antud raamatu üksikasjalik hinnang kaasaegse nõukogude ajalooteaduse vaatekohalt ja on ette näidatud see kriitiline suhtumine, millega lugeja peab lähenema autori avaldustele. S. F. Vassiljev märgib ära raamatu positiivsed omadused ja mainib, et see on kogu füüsika evolutsiooni ajaloo üks tõsisematest ja kapitaalsematest uurimustest. Autor näitab täiesti õigesti füüsika evolutsiooniprotsessi põhilised teetähised ja tutvustab füüsikalise mõtte arenemiskäiguga. Raamatu väärtuste hulka arvab toimetaja autori otsuse järgida kogu raamatus üht üldist põhimõttelist vaatepunkti, mis näitab füüsika arengu sõltuvust üldise teadusliku filosoofilise maailmavaate evolutsioonist. Toimetaja näeb autori põhiteesi väljendatuna selgelt ja täielikult tema järgmistes sõnades: „Füüsika ideaal seisab katselise uurimise, matemaatika ja filosoofia ühendamises. Seal, kus üks või teine meetod domineerib teiste üle, on varem või hiljem märgata arengus seisakut. Kui aga need kolm tegurit ühinevad sobivas vahekorras ühesainsas inimeses, siis ilmub geenius, kes loob uue ajastu teaduse ajaloos.

Kaasaegne lugeja peab alati meeles pidama Rosenbergeri teose väga olulisi puudusi. Autor on kaugel marksistlikust suhtumisest ajaloo uurimisse ega loo füüsika ajaloolise arengu materialistlikku mõistmist. Autor ignoreerib kõiki sotsiaalseid tingimusi, mis suunavad teaduslike teadmiste arenemiskäiku. Osa materjalist, mis on kirjutatud üle 60 aasta tagasi, on vananenud. Sellele tuleb lisada, et uurimus jõuab ainult kuni XIX sajandi 80-ndate aastateni.

III. Кудрявцев, История физики, Учпедгиз, 1948. Kahes köites: I k. antiik-füüsikast kuni Mendelejevini.

IV. С. Я. Лурье, Архимед, изд. Академии наук СССР, 1945. Autor annab Arhimedese mitte ainult kui teadlase ja mõtleja, vaid ka kui kodaniku ja patrioodi kujuka iseloomustuse. Raamatu eriline väärtus seisab aga Arhimedese teadusliku pärandi analüüsis.

V. F. Veitkov, Elektri edukäik, Teaduslik Kirjandus, 1948. a., 388 lk.

Raamat esitab kõige populaarsemal kujul elektriõpetuse arenemisloo, alates Mileetose T h a l e s e s t ja lõpetades tänapäeva avastustega. Käsitluse laadilt on raamat määratud õpilastele. Ilukirjandusliku kuju ja huvitavuse saavutamiseks rajab autor oma käsitluse anekdootidele ja kahekõnedele just kui tõeliselt toimunutele, kusjuures ajaloolise materjali sellisel esitamisel lubab autor ebatäpsusi, ajaloolise miljöö vaba tõlgendamist ja osaliste ebaõiget iseloomustamist. Kõik see alandab tugevasti raamatu väärtusi, mis üldiselt on hästi kavatsetud, kuid õpilane loeb raamatu läbi suure huviga. Autor omistab suurt tähelepanu vene elektrikute ja teadlaste tööde

iseloomustusele ja esitab ka meie maa elektrifitseerimise ajaloo. Raamat sisaldab suure hulga huvitavaid illustratsioone ja portreesid.

VI. И. И. Рудометов, Русские электротехники, Госэнергоиздат, 1947.

Raamat koosneb 18 vene elektrotehniku elu ja tegevuse lühikesest ülevaatest, alates Lomonossovist (1711—1765) ja lõpetades Dolivo-Dobrovolskiga (1862—1919).

Mõnede tegelaste teened jäävad teadmatuiks lugejate laiemale ringile. Raamat annab edasi populaarses esituses vene elektrotehnikute tähtsat, kuid veel vähe uuritud osa elektrinähtuste tegeliku rakendamise alal. Õpetaja leiab raamatus palju materjali vene teadlaste teenete õiglaseks hindamiseks ja patriotismi kasvatamiseks õpilastes.

VII. Лев Гумилевский, Железные дороги, Трансжелдориздат, 1946.

Raamat sisaldab raudteetranspordi ajaloo, kuid peamiselt vene oma. Käsitlus on huvitavas, ilukirjanduslikus vormis, üksikute jutustuste kujul avastustest ja leiutistest raudteetranspordis. Suurt tähelepanu omistatakse uurijate ja leiutajate elulugudele, nende isiksusele ja tegevusele raudteede loomise, arendamise ja täiustamise alal kuni nende tänapäevase seisukorrani. Raamat on rikkalikult ja küllalt hästi illustreeritud.

VIII. К. Е. Вейгелин, Очерки по истории лётного дела. Книга первая. От ковра-самолета к воздушному флоту, Оборонгиз, 1940.

See raamat hõlmab perioodi kõige vanemast ajast kuni sõjani 1914.—1918. a. Siin on puudutatud kõiki võtteid ja abinõusid, mis võimaldavad inimesel lennata õhus: õhupallid, juhitavad aerostaadid, dirižaablid, langevarjud, purilennukid ja lennukid. Autor püüab näidata, kuidas inimkond, kasutades kõiki talle kättesaadavaid tehnilisi vahendeid, on alati püüdnud kõrvalekaldumatult teostada põlise unistuse — lennata õhus. Autor annab ereda pildi õhuvalla järkjärgulisest vallutamisest ja eriti peatub isikute tegevusel, kes on ilmutanud piiritut truudust sellele üritusele ja valmidust mistahes ohvriteks uute lennuviiside otsingutel. Raamat on kirjutatud arusaadavas ja kujukas keeles ega nõua mingit eri ettevalmistust ja on seepärast keskkooli õpilastele jõukohane. Raamat on varustatud rohke arvu suurepäraselt valmistatud illustratsioonidega.

IX. Лев Гумилевский, Русские инженеры, «Молодая Гвардия», 1947.

„Raamat on pühendatud väga tähtsale ja aktuaalsele teemale vene teaduslik-tehnilise mõtte kõrgest väärtusest, julgest loovast algatusvõimest inseneriasjanduses, mis on nii omane vene tehnika tegelastele minevikus ja olevikus. Autor näitab elavais ja kunstipärastes jutustustes mitmesuguste ajaloo epohhide silmapaistvate vene inseneride elu ja tegevuse näidetel vene insenerimõtte laiust ja ulatust, sügavust ja peensust, mis kõikidel aegadel on käinud maailmatehnika esiridades ja paljudes põhiharudes on jõudnud ette

Lääne-Euroopa inseneerikunstist. Lugeja näeb raamatus inseneritöö suurust, tähtsust, sageli aga ka raskust, saab teada kaotuste kibedusest ja võitude rõõmust." (Akadeemik I. P. Bardini kirjutatud eessõnast raamatule.)

X. В. В. Данилевский, Русская техника, Ленинград, 1947. Raamatus esitatud tehnika ajaloo materjal hõlmab pikaldast perioodi — ennemuistsest Venemaast kuni XIX sajandi lõpuni — ja on jaotatud järgmisteks teemadeks: 1) Vene metall. 2) Mäetööstuse tehnika. 3) Vene mehaanika. 4) Masinad ja masinateadus. 5) Vene tehnoloogia. 6) Veejõuseadmed. 7) Vene valgus. 8) Tööstuslik elektroenergeetika. 9) Vene tiivad. 10) Rahvas-tehnik. Autor on kasutanud oma raamatu koostamisel „kirjalikke ja ainelisi ajalooallikaid, mida ta õppis tundma arhiivides, raamatukogudes, muuseumides, aga ka vahetult kohapeal, kus toimusid ühed või teised vene tehnika ajaloo silmapaistvad sündmused." Füüsika õpetaja leiab raamatus rikkalikku ja väärtuslikku materjali.

XI. Suurt huvi pakuvad raamatud sarjast «Жизнь замечательных людей», mis sisaldavad teadlaste ja leiutajate elulugusid ning nende teadusliku tegevuse populaarseid iseloomustusi. Raamatuid võivad kasutada õpilased lugemiseks; erilist kasu aga toovad nad õpetajale tema ettevalmistamisel tundideks.

Selles sarjas on elulood:

1. Ф. Араго, Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров, 1859.
2. А. Бачинский, Характеристика Н. А. Умова как ученого, как мыслителя и как человека, 1926.
3. И. И. Боргман, П. Н. Лебедев, СПБ, 1912.
4. В. Голубев, Н. Е. Жуковский (1847—1921), 1941.
5. В. Л. Грановский, Герман Гельмгольц, 1930.
6. Л. Гумилевский, Н. Е. Жуковский, 1943.
7. П. Забаринский, Ампер, 1938.
8. В. Кокосов, Михаил Фарадей, 1935.
9. П. П. Лазарев, П. Н. Лебедев, 1935.
10. В. И. Лебедев, Великие физики, 1935.
11. В. Лебединский, Вильям Томсон — Лорд Кельвин (1824—1887), 1934.
12. Н. Н. Маракуев, Ньютон, его жизнь и труды.
13. Я. В. Абрамов, М. Фарадей, 1832.
14. М. И. Радовский, Вениамин Франклин, 1941.

XII. Artiklid ajakirjas «Физика в средней школе»:

Кацнельсон, Роберт Майер, 1938, № 2.

Кацнельсон, К трехсотлетию классической работы Галилея, 1938, № 4.

Файнбойм, Петр Николаевич Лебедев, 1939, № 1.

Файнбойм, Николай Егорович Жуковский, 1939, № 3.

Шишаков, К истории барометра, 1939, № 3.

Магнитов, К истории полета, 1939, № 5.

Радовский, Томас Альва Эдисон, 1939, № 6.

Радовский, Открытие электромагнитной индукции, 1940, № 5.

Радовский, Изобретение электромагнитного генератора, 1941, № 3.

Eesti keeles on ilmunud:

1. V. V. Danilevski — Vene novaatorid maailmatehnikas.
2. G. Golovin — A. S. Popov.
3. N. A. Kaptsov — P. N. Jablotškov — vene elektrotehnika au ja uhkus.
4. L. Rahmanov — Jablotškov.
5. Artikkel ajakirjas: „Nõukogude Kool", 1945, nr. 10 — Nikolai Jegorovitš Žukovski.

§ 10. Polütehniline haridus ja füüsika õpetamise ülesanded.

1. Polütehnilise hariduse ülesandest. Tutvumine „tööstuse kõikide protsesside põhiprintsiipidega" on võimatu mitmesuguste teaduste aluste tundmaõppimiseta. **„Iga katse eemale kiskuda kooli polütehniseerimist teaduste, eriti füüsika, keemia ja matemaatika süstemaatilisest ja kindlast omandamisest... kujutab endast kooli polütehniseerimise idee jämedaimat moonutamist"** (ÜK(b)P KK määrus 25/VIII 1932. a.). Seega tee tõelisele tutvumisele tootmise põhiprintsiipidega, s. o. **tee tõelisele polütehnilisele haridusele** — läheb läbi **rea teaduste põhialuste,** sealhulgas ka füüsika **süstemaatilise tundmaõppimise.** Järelikult füüsikateaduse põhialuste tundmaõppimine on juba iseendast polütehnilise hariduse osaks.

On ka oluline märkida, et polütehniline haridus ei piirdu kaugeltki seitsmeklassilise kooli piiridega, vaid jätkub 8.—11. klassis ja edasi kõrgemas koolis. Seepärast on õigem seitsmeklassilise kooli suhtes rääkida mitte polütehnilisest haridusest, vaid selle hariduse teatavast osast, s. o. polütehnilise hariduse elementidest.

2. Tehnika illustreeriv osa. Tehnika areng ja selle tähtsus kaasaegses elus avaldab oma mõju füüsika kursuse süsteemi ülesehitusele koolis. Tõepoolest, rida füüsika küsimusi saavutavad aktuaalsuse tänu nende rakenduse tähtsusele tehnikas ja seepärast tuleb neid sisse võtta füüsika kursusse. Mõned tehnika ehk õigemini tehnilise füüsika küsimused on kindlalt sisenenud süstemaatilisse kursusse, avaldades osalt mõju füüsika käsitluse süsteemile endale. Selliste küsimuste hulka kuuluvad näiteks pumbad, lennuasjandus, jõumasinad, elektrifitseerimine jt.

Seega seitsmeklassilise kooli füüsika kursuse kaasaegne programm, olles rangelt süstemaatiline, sisaldab rea tehnika küsimustele pühendatud peatükke.

Tehnika küsimused võetakse programmi põhimiselt järgmistel eesmärkidel:

1) *Füüsika seaduste* ja juhtlausete *illustreerimine* mitmesuguste näidetega tehnika alalt, selleks, et näidata *füüsika ärakasutamist*

elupraktikas ja soodustada sellega füüsika paremat tundmaõppimist.

2) Mõnede *tehniliste näidete* läbiarutamine, mis kergendavad *füüsika seaduspärasuste kindlakstegemist.*

Tehnika küsimuste valik sõltub püstitatud eesmärgist: konkreetsete näidete varal luua side füüsika kui teaduse ja tehnika vahel ning näidata füüsika rakendamist ja selle tähtsust tehnikale. Tehniliste näidete vaatlemine viib selleni, et füüsika seadused ja juhtlaused kaotavad järk-järgult õpilaste jaoks oma „abstraktsuse" ja omandavad ümbritseva looduse inimesele allutamise tõelise vahendi tähenduse.

Võib öelda, et peaaegu iga füüsika küsimuse õppimine kaasneb või lõpeb tehnika küsimuste vaatlusega.

Toome veel mõned näited füüsika mitmesugustest osadest:

Kõva keha rõhumine — suusad, tank, traktor.

Vedelikud — hüdrauliline press, veevärk, kanalisatsioon, purskkaev, lüüsid, tuukritöö, laevade ujumine ja allveelaev, põhjavajunud laevade ülestõstmine, pontoonide kasutamine jms.

Gaasid — pumbad, õhkpidur, altimeeter, aerostaat, dirižaabel jms.

Mitte vähem, vahest isegi rohkem tehnilist materjali sisaldavad füüsika kursuse kõik teised osad. Üksikasjalised näpunäited selles küsimuses on toodud metoodilistes juhendites (§§ **52—111**).

3. **Tehnikaga tutvustamise viisid.** Polütehniliste teadmiste andmist füüsika tundides teostatakse mitmesugusel viisil:

1) Kõige sagedamini kasutatavaks viisiks on **õpetaja enda vastav jutustus**, millega käib kaasas täiendavate füüsika katsete ja mitmesuguste õppevahendite demonstreerimine. Füüsika katsed korraldatakse sel juhul, kui nad soodustavad ühe või teise tehnika küsimuse seletamist. Kasutatavad õppevahendid koosnevad tehniliste teemadega diagrammidest (joon. 42—47), seinapiltidest (joon. 35—39), diapositiividest (joon. 48—51) ja kinofilmidest (joon. 53—56).

Peale selle leiavad laialdast kasutamist mitmesuguste masinate (joon. 24—29) ja mehhanismide (joon. 30—31) mudelid, mida kasutatakse nende ehituse ja töötamise seletamiseks.

Mitmesuguste õppevahendite üksikasjalik iseloomustus on antud §§ **16—23.** Metoodilised juhendid nende kasutamise kohta programmi eri teemades on toodud §§ **52—111.**

2) Valitud spetsiaalsete **ülesannete lahendamine** on üheks tehnilise arvutamise elementidega tutvustamise vahendiks. Peale selle kasutatakse sageli ülesandeid, millede tingimustes õpilased tutvuvad tehnika küsimustega. Selliste ülesannete iseloomustus ja nende kasutamise metoodika on antud § **34** ja metoodilistes juhendites.

3) Mõnedel laboratoorsetel töödel kasutatavad **füüsikaliste mõõtmiste meetodid** on samaaegselt ka **tehnikas** kasutatavateks meetoditeks. Selliste tööde hulka kuuluvad näiteks pikkuste, erikaalude,

pinge, voolu tugevuse ja võimsuse, takistuse jms. mõõtmine. Seepärast niisugused laboratoorsed tööd koos õpetaja vastavate selgitustega soodustavadki polütehnilise hariduse ülesande lahendamist.

4) Ükski eespoolvaadeldud võtteist, mida kasutatakse vahetult tundides, ei saa anda õpilastele selliseid näitlikke ja täielikke kujutlusi, milliseid nad saavad vaadeldes tööstust ja tutvudes tehnika mitmesuguste objektidega loomulikus olukorras. Seepärast tuleb teadmiste polütehniseerimise eesmärgil tunnustada **vajalikuks vabrikute, käitiste, töökodade, tehniliste ehituste** jms. **külastamist** õpilaste poolt. Sellised külastused organiseeritakse **ekskursioonide** kujul.

Ekskursioonide temaatika, nende metoodika, ettevalmistamise ja teostamise küsimused on põhjalikult valgustatud §§ 29—31.

5) Kuna tehnika küsimused äratavad suuremas hulgas õpilastes tunduvat huvi nende vastu, siis nende teadmiste laiendamiseks ja süvendamiseks tuleb perioodiliselt korraldada **klassiväliseid töid** (§§ 48—50). Suurimat kasu ja suurimat huvi saavutatakse siis, kui tööd kaasnevad vastava ekskursiooniga.

4. Polütehnilist laadi oskused. Õpilased saavad mõningaid polütehnilist laadi oskusi füüsika tundides laboratoorsete tööde korraldamisel. Tõepoolest, õpetus mitmesuguste riistade kasutamisest pikkuse, ruumala, kaalu, temperatuuri, jõu, elektri pinge, voolu tugevuse, voolu võimsuse ja energia jms. mõõtmiseks varustab õpilasi oskustega, mida võib täie õigusega nimetada **polütehnilisteks.** Rea oskusi elektri juhtmete, teatava monteerimis-aparatuuri, vooluallikate jms. käsitsemiseks annavad laboratoorsed tööd elektri alal.

Suurimad võimalused oskuste õpetamiseks avanevad aga klassiväliste tööde korraldamisel.

Ringi töös on katsete ettevalmistamisel ja teostamisel, igat liiki mudelite ehitamisel jms. täiesti välditamatu mitmesuguste tööriistade kasutamine õpilaste poolt papi, puu, metalli, klaasi jms. töötlemiseks. Ringi juhatajal tuleb näidata õpilastele töötlemise ja selleks kasutatava tööriista tarvitamise õigeid võtteid, andes sealjuures õpilastele jõukohaseid tehnoloogilist laadi teadmisi. Oskus sisse lüüa naela, keerata kruvi, võtmega lahti keerata mutrit, saagida ja hööveldada puitu, viilida ja läbi puurida metalli, painutada ja venitada klaastoru — kõik need on praktikaks tähtsamad oskused.

Tähtsate oskuste hulka, millede andmiseks on vastava ringi organiseerimine kindlasti vajalik, kuuluvad samuti **elektromonteerimise** omad. Oskus kõrvaldada elektrivõrgu lühiühenduse tagajärgi, sisse seada elekterkõlisti, ühendada ja isoleerida juhtmeid, ühendada juhtmetega monteerimisaparatuur (kahvel, lambipesa, seinakontakt, lülitid), parandada elektripliit jms. on tingimata kohustuslik elektrotehnika-ringi osavõtjatele.

5. **Kirjandust tehnika alalt.** Vene keeles on tehnika-alaste populaarteaduslike raamatute ja brošüüride hulk niivõrd suur, et pole võimalik tuua loetelu kas või tähtsamaistki neist (§ **46**).

Eesti keeles on ilmunud:

I. L. Kisseljov, E. Mikitsumov, P. Hlebnikov, E. Tšestnov, Noore tehniku käsiraamat, Eesti Riiklik Kirjastus, 1950.

II. D. Vardja ja E. Vannas, Noor Elektrik, Eesti Riiklik Kirjastus, 1951.

Raamatutest sõjaasjanduse alalt, peale § **47**, 4 näidatute, on õpetajale väga kasulikud:

I. Ред. Внуков, Артиллерия, изд. 2-е, Воениздат, 1933.

Rikkalikult illustreeritud raamat, mis on kirjutatud heas arusaadavas keeles; tutvustab suurtükiasjanduse ajalooga ja tänapäeva seisukorraga. Väärib kõige palavamat soovitust. Teos on suuremas osas 7. klassi õpilastele täiesti jõukohane.

II. Д. Д. Галанин, Физика и военная техника, Учпедгиз, 1945.

Brošüür on kasulik õpetajale, kes soovib tutvuda sõjatehnika mõnede küsimuste füüsikaliste põhialustega.

Nagu üksikasjalikumalt on näidatud § **47**, 4, on õpetajale täiesti vajalik ajakiri „Техника-Молодежи".

Metoodika küsimuste alal juhime tähelepanu artiklitele ajakirjades:

Галанин. Общеобразовательное значение физики и программы по физике для средней школы. «Советская педагогика», 1944, № 10.

Скаткин. О политехническом обучении в общеобразовательной школе. «Советская педагогика», 1946, № 6.

Полиновский. Физика в школе и техника. «Физика в средней школе», 1940, № 4.

§ 11. Füüsika õpetamise kasvatuslikud ülesanded koolis.

Ideelis-poliitiline kasvatus on kooli üheks tähtsamaks ülesandeks. Iga aine, ja sealhulgas füüsika, õpetamisel tuleb pidevalt teha **kasvatustööd.**

„Noorel nõukogude sugupõlvel," ütles sm. Ždanov [1], „tuleb kindlustada sotsialistliku nõukogude korra jõudu ja võimsust, täielikult kasutada nõukogude ühiskonna liikumapanevaid jõude meie heaolu ja kultuuri uueks enneolematuks õitsenguks. Nende suurte ülesannete täitmiseks tuleb noor sugupõlv kasvatada vastupidavaks, elujulgeks, kes ei karda takistusi, sammub neile takistustele vastu ja oskab neist üle saada. Meie inimesed peavad olema haritud, kõrgete ideedega inimesed, kõrgete kultuuriliste ja moraalsete nõuete ja maitsega."

[1] Sm. Ždanovi kõne ajakirjade „Zvezda" ja „Leningrad" kohta.

Selle tähtsaima ja suure ülesande lahendamisest peavad osa võtma kõikide ainete, sealhulgas ka füüsika õpetajad. Kasvatuse ülesandeid, mis seisavad füüsika õpetamise ees, võib jaotada kaheks põhirühmaks:

a) ülesanded, millede lahendamine on olemuselt seotud aine enda tundmaõppimisega ja

b) ülesanded, millede lahendamine saavutatakse kasvatuslikkude abinõudega, mis on kergesti seotavad õpetamise organiseerimisega.

Neid kasvatuslike ülesannete kahte rühma ei tule mõista isoleeritult, sest nad kuuluvad lõppude-lõpuks õpetatava ja kasvatatava õpilase ühtsele isiksusele.

Füüsika ja teiste loodusteaduste õpetamisel seisab nende õppimise kasvatuslik väärtus eelkõige *ümbritsevate nähtuste tajumise muutumises*. Füüsika tundides õpilane õpib varem tema jaoks killustatud „üksikuis" loodusnähtustes täheldama ühiseid jooni — nähtuste seost. Nähtused lakkavad olemast talle „salapärased" ja „mõistmatud"; ta taipab nende seaduspärasusi, olles õppinud neid mõõtma. Õpilane mõistab võimalust juhtida loodusnähtusi soovitavas suunas või, nagu varemalt räägiti — valitseda „loodusjõude".

On täiesti arusaadav, et see peaks distsiplineerima õpilase teadvust, ette valmistama teda selliste mõtlemisvõtete kujundamisele, mis viivad teda lõppude-lõpuks dialektilis-materialistliku maailmavaate aluste omandamisele.

Sellele ülesandele aitab muidugi kaasa mitte üksi füüsika, vaid ka teiste loodusteaduste tundmaõppimine. Kuid füüsikal kui teadusel on selles suhtes eriline tähtsus.

1) Füüsika õppimine võimaldab tunnetada loodusnähtuste **dialektikat, arengut, kvantitatiivsete muutuste üleminekut kvalitatiivseteks hüpeteks, avastada seoseid ja sarnasusi** esimesel pilgul väga erinevate nähtuste vahel ja veenab sellega nende vastastikuse seose olemasolus. Füüsika aitab leida teid mitte üksi looduses toimuvate nähtuste seletamiseks, vaid ka nende rakendamiseks tööstuses (jõumasinates ja töömasinates).

Õigesti korraldatud füüsika õppimine peab äratama aktiivset suhtumist loodusesse, **püüdu muuta** meid ümbritsevaid **looduslikke tingimusi**, mitte aga neid ainult vaadelda. See on kommunistliku kasvatuse üks peamisi ülesandeid.

„Filosoofid," ütleb K. Marx — „õppisid seni ainult tundma maailma, ülesanne aga seisab selles, et teda muuta."

2) Füüsikas saadud teadmised kergendavad füüsika- ja tehnikaalastest raamatutest ja artiklitest arusaamist, see arendab aga püüdu oma hariduse jätkamiseks, usku oma jõududesse, aitab orienteeruda mitmesugustes elukutsetes ja valida neist selle, mis kõige enam vastab võimetele.

3) Füüsika tundmaõppimine on seotud mitmesuguste riistade ja aparaatide kasutamisega. Nende käsitsemine arendab oskusi ja harjumusi, mis on suure kasvatusliku väärtusega. Füüsika õppimine, eriti laboratoorsete tööde korral, õpetab korralikkust, täpsete riistade käsitsemist, leidlikkust ja kindlust oma toiminguis.

Meie ühiskondlikus korras põhineb tehnika tervikuna ikka enam ja enam loodusseaduste täpsaimal tundmisel ja seepärast on katse täpsuse kasvataval mõjul, mida annab füüsika õppimine, suur tähtsus, millele on korduvalt tähelepanu juhtinud mitmed pedagoogid ja õpetlased.

Füüsika ja tehnika ajaloo teadmised, kuulsate teadlaste elulood soodustavad ühelt poolt teaduse arengu mõistmist, teiselt poolt kutsuvad esile püüdu järeleaimamiseks neile teaduse sangaritele. Teaduslike, nende seas füüsika alasse puutuvate uurimuste tähtsus sotsialistlikus ühiskonnas on väga suur, mille tõttu kommunistliku ühiskonna tulevased ehitajad peavad mõistma mitte ainult teaduse tähtsust, vaid ka ise huvituma teaduslikust tööst.

Eriti suure kasvatusliku väärtusega on õpilaste tutvumine **vene teaduse ajalooga**, nõukogude teadusega ja nõukogude tehnika saavutustega (§ 9, 3).

Tuleb kasutada igat juhust, et anda õpilastele kujutlust füüsika ja tehnika edusammudest Nõukogude Liidus, selleks et kasvatada neis nõukogude **patriotismi.** Teadusesse suhtumise erinevus tsaari-Venemaal ja NSV Liidus on nii silmatorkav, et ei ole raske seda eredalt esile tõsta isegi füüsika algkursuse läbivõtmisel. Isegi pealiskaudsel tutvumisel ennerevolutsiooniaegsete Vene teadlaste elulugudega ilmneb kuristik töötingimuste vahel tsaari ajal ja meie sotsialistlikus ühiskonnas.

4) Kuivõrd füüsika õpetamisel vaadeldakse tema tehnikasse rakendamist, sedavõrd tuleb kindlasti tutvustada õpilasi, kommunistliku ühiskonna tulevasi ehitajaid, **teaduse ja tehnika osa ja tähtsusega sotsialistlikus ülesehitustöös meie maal.** Füüsika õpetamine võimaldab võrratult suuremal määral kui ühegi teise teaduse oma näidata õpilastele **suurte stalinlike viisaastakute tähtsust, mis muutsid meie maa mahajäänud agraarmaast võimsaks tööstusmaaks.**

„Partei Keskkomitee tahab," ütles sm. Ždanov, „et meil oleks vaimse kultuuri küllus, sest ta näeb selles kultuuri rikkuses sotsialismi üht peamist ülesannet."

Kõige täiuslikuma tehnika tungimisel elu kõikidesse aladesse on füüsika tundmine isegi tema algastmel kultuuri õitsengu lahutamatuks osaks.

FÜÜSIKA ÕPETAMISE MEETODID.

KOLMAS PEATÜKK.

FÜÜSIKA TUNDIDE ORGANISEERIMINE.

§ 12. Füüsika tundide struktuur.

1. **ÜK(b)P KK määrus.** Füüsika tundide organiseerimisel tuleb eelkõige juhinduda ÜK(b)P KK määrustest 5/IX 1931. a. ja 25/VIII 1932. a. kesk- ja algkooli töö kohta. Neis määrustes on täie selgusega sõnastatud juhtlause vajadusest kasutada õpetamise protsessis mitte mingit ühte meetodit, vaid mitmesuguseid meetodeid.

ÜK(b)P KK määrus 25/VIII 1932. a. sisaldab niisuguse juhendi õppeprotsessi organiseerimise vormi kohta:

„a. Õppetöö organiseerimise põhivormiks alg- ja keskkoolis peab olema õppetund antud õpilaste rühmaga (klassiga), täpselt kindlaksmääratud tunniplaani järgi ja õpilaste kindla koosseisuga.

See õppetöö vorm peab sisaldama õpetaja juhatusel rühmalist, brigaadilist ja iga õpilase individuaalset tööd mitmesuguste õppemeetodite rakendamisel. Sealjuures tuleb kõigiti arendada õppetöö kollektiivseid vorme, praktiseerimata alaliste ja kohustuslike brigaadide organiseerimist.

b. Õpetaja peab süstemaatiliselt, järjekindlalt käsitlema tema poolt õpetatavat ainet, igal viisil õpetades lapsi töötama õpiku ja raamatu järgi, täitma mitmesuguseid iseseisvaid kirjalikke töid, töötama kabinetis, laboratooriumis, õppetöökojas, ja ulatuslikult organiseerides kõrvuti nende põhivormidega mitmesuguste katsete ja riistade demonstreerimist, ekskursioone (tehasesse, muuseumi, põllule, metsa jne.), sellejuures peab õpetaja igal viisil abistama lapsi, kui neil õppimisel tekib raskusi. Tuleb süstemaatiliselt õpetada lapsi iseseisvalt töötama, laialdaselt praktiseerides mitmesuguseid tööülesandeid, neid kooskõlastades vastava kursuse omandamisega (ülesannete ja harjutuste lahendamine, mudelite valmistamine, töötamine laboratooriumis, herbaariumide kogumine, koolitalundi kasutamine õppeotstarbel jne.).”

2. **Füüsika tundide liigid.** Tund on õppetöö organiseerimise põhivormiks. Õpetamise tunnisüsteem organiseerib hästi omandamist, võimaldades anda õpilastele teadmisi rangelt kindlate „kogustena" ja seega viia neid järk-järgult edasi. Peale selle ta väsitab õpilasi vähem, tänu ainete sagedasele vahetusele. Lõpuks ta distsiplineerib õpilasi, harjutades neid koondama oma tähelepanu mitte ainult mingile ühele ainele, vaid seda ka ümber lülima teisele.

Põhinõudeks igale tunnile on, et ta oleks lõpetatud tervik. Pärast tundi peab õpilane selgesti tajuma, mida just ta on **saanud** sellel tunnil ja omama teatavat **perspektiivi** edasistest tundidest, s. o. ettekujutust järgneva töö üldplaanist, millesse vajaliku elemendina peab kuuluma ka tema kodune töö.

Kõige paremate tulemuste saavutamiseks peab tund olema vastaval viisil üles ehitatud ja nõutaval viisil läbi viidud. Tundide ülesehitus ning läbiviimine on erinevad, sõltuvalt nende eesmärgist või ülesandest. Seepärast tuleb eelkõige näidata, missugusteks liikideks võib tunde jaotada.

Oma ülesandelt võib tunde jaotada kaheks põhiliigiks, mis erinevad teineteisest oma metoodikalt: tunnid **uue materjali esitamisega** ja **kordamise** laadi tunnid. Täielikult kordamisele pühendatud tundide hulk ei ole suur, sest neid kasutatakse peamiselt ainult pärast füüsika tervete osade läbivõtmist, samuti ka õppeaasta veerandite lõpul ja eksamite eel.

Kõige sagedamini esinevad tunnid, kus esitatakse uut materjali, kuid neisse kuuluvad ühel või teisel kujul ka kordamise laadiga tööd. Esimest liiki tundides on peaülesandeks õpetada **midagi uut, anda teadmisi.** Teist liiki tundides tuleb õpilaste poolt juba omandatud teadmisi süvendada ja kinnistada, kusjuures õpetaja on kohustatud kontrollima, kuivõrd õpilased on omandanud neile varemalt antud teadmised.

Neid kahte ülesannet — teadmiste andmist ja nende kinnistamist — saab jaotada ainult tingimisi. Selline ülesannete jaotamine on aga väga kasulik, sest ta aitab, eriti vähekogenenud õpetajat, mitte unustada teadmiste kinnistamise ülesannet.

On olemas veel ka kolmas liik tunde, oma ülesehituselt ja läbiviimiselt iseloomulike eriomadustega, nimelt: tunnid, mis on täielikult pühendatud ülesannete lahendamisele. Ülesannete rakendamise metoodikat füüsika õpetamisel on vaadeldud §§ 33—40. Mõnedel juhtudel tuleb määrata terve tund laboratoorseteks töödeks (§§ 26—28).

3. **Tunni ülesehituse skeem.** Võimatu on koostada tunni ülesehituse ja läbiviimise sellist üldskeemi, mis vastaks eranditult kõikidele tundidele. Vaatleme seepärast oma kujult küllalt ühetaoliste uue aine esitamise tundide tüüpilist skeemi.

Iga tund: a) on *järjekordseks lüliks õpilastele uute teadmiste andmise üldprotsessis* ja b) on endast *lõpetatud tervikuks*. Seepärast võib koostada tunni ülesehituse sellise üldskeemi:

1) **Läbivõetu taastamine** õpilaste **mälus.**

2) Jooksva tunni sisu sidumine eelmises tunnis läbivõetuga.

3) **Uue materjaliga tutvumine.**

4) Treenivat laadi tööd läbivõetud küsimuste paremaks arusaamiseks õpilaste poolt.

5) Tundmaõpitud küsimuste **edasise arendamise perspektiivide** kindlaksmääramine.

Visandame nüüd üldjoontes tunni iga nimetatud komponendi eesmärgi ja sisu. Konkreetsuse mõttes võtame näitena tunni, mis on pühendatud Arhimedese seaduse tundmaõppimisele.

1) Läbivõetud materjalist õpilase mälus ainult selle osa taastamine, mis osutub vahetult vajalikuks jooksva tunni ülesehitamiseks. Sellele kordamisele antakse tavaliselt õpilaste küsitlemise kuju. Õpetaja ülesanne seisab sealjuures selles, et materjal tuletataks meelde niisuguses kindlas süsteemis, mis esiteks viiks vahetult jooksva tunni teema juurde, ja teiseks kergendaks uue materjali seletamist (§ 44, 1).

Seepärast võib puudutatavate küsimuste ring kaugeltki mitte alati vastata materjalile, mida õpiti tundma ainult eelmisel tunnil; ei ole haruldased juhud, kus tuleb puudutada palju varem käsiteldud teemasid.

Õpilaste küsitlemisel on väga oluline selle niisugune käik, mis ei võimaldaks „eksida" õpilaste teadmiste kontrollimisel üldse, sõltumata edasisest uue materjali käsitlusest. On ilmne, et tunnile ettevalmistamisel peab õpetaja pöörama kõige tõsisemat tähelepanu kordamisküsimuste valikule, samuti ka nende järjestusele. Põhjalikumad juhendid sellise kordamise metoodika kohta on antud § **43.**

2) Eelnäidatud viisil kordamine koos lühikese kokkuvõtliku ülevaatega õpetaja poolt loob loomuliku ülemineku selle uue küsimuse asetamisele, mis on jooksva tunni käsitluse aineks. See küsimus sõnastatakse õpetaja poolt, kusjuures õpilastele antakse kõige üldisem kujutlus nende järgneva töö sisust antud tunnil.

Vaadeldava näite jaoks on Arhimedese seaduse juurde viivaks küsimuseks „raske" vedeliku rõhk, mis sõltub vedeliku raskusest ja järeldusena sellest — rõhk alt üles.

Enamikes edasistes metoodilistes juhendites on toodud küsimused, mis on vajalikud sideme loomiseks eelneva käsitlusega (§§ **52—111**).

3) Vaadeldud kaks osa tunnist moodustavad vajaliku sissejuhatuse uue materjali käsitlusele. Kogu edasise töö edu on suuresti sõltuv sellest, kuivõrd tunni teema läbivõtmine on ette valmistatud nii tundmaõpitud eelneva materjali sisuga kui ka tema omandamisega õpilaste poolt. Seepärast tuleb kursuse esimese

teema või jao sissejuhatusele määrata rohkem aega; nad on raskemad nii õpetamise mõttes kui ka õpilaste jaoks. Füüsika uue peatüki esimesel tunnil kujuneb sissejuhatus tavaliselt eeloleva õpingu tähtsuse ja eesmärkide nii laialdaseks käsitluseks, et võib vajada selleks kogu tunni tervikuna.

Õpilaste uue materjaliga tutvustamise plaani aluseks tuleb võtta V. I. Lenini formuleering, mis iseloomustab teadusliku tunnetamise protsessi ja on täielikult rakendatav füüsika õpetamise pedagoogilisele protsessile:

„Elavalt kaemuselt abstraktsele mõtlemisele ja sellelt praktikale..." [1]

Seejuures tuleb „elava kaemuse" all mõista:

a) **kogemusi ja teadmisi**, mida õpilased on omandanud nende **igapäevases elus**, ja

b) **katseid**, mida teeb õpetaja või õpilased ise.

Sellise „elava kaemuse" alusel toimub **abstraheerimine**, s. o. üleminek vahetult tutvumiselt täheldatavate faktidega nende süstematiseerimisele ja üldistamisele, mis vastab ühe või teise füüsika väite või seaduse kindlakstegemisele.

Lõpposaks on **kindlakstehtud seaduspärasuste ja nende järelduste rakendamise** tundmaõppimine nii looduses toimuvate füüsikaliste nähtuste seletamiseks kui ka nende **kasutamiseks tegelikel eesmärkidel.**

Tunni selle osa läbiviimise metoodika on üksikasjalikult välja töötatud edasises käsitluses (§ **12**, 6—8).

4) Tunni järgnevaks osaks on tööd, mida võib täie õigusega nimetada treenivaiks, kuivõrd nende eesmärgiks on tundmaõpitu selgitamine ja õpilastele antud teadmiste ning oskuste võimalikul määral kinnistamine. Selle töö vormideks on: a) vastused õpilaste küsimustele, b) õpilaste küsitlemine käsiteldud materjali ulatuses, c) õpetaja korduvad selgitused ning täiendavad demonstratsioonid ja d) ülesannete lahendamine.

Selliste tööde metoodika küsimust on vaadeldud §§ **33** ja **43**.

5) Tunni lõppülevaates võtab õpetaja kokku mitte ainult tundmaõpitu, vaid märgib kõige üldisemates joontes ka küsimuse edasise õppimise lähemad perspektiivid. Nii näiteks vaatlusealuse teema puhul õpetaja juhib tähelepanu sellele, et Arhimedese seadus võimaldab selgitada kehade ujumise põhjused, millele on ehitatud kogu veetranspordi tehnika. Edasise perspektiivi visand osutub eriti tähtsaks neil juhtudel, kui õpilaste koduseid töid kasutatakse mitte ainult läbivõetu kindlamaks omandamiseks, vaid ka iseseisvaks tööks uute küsimuste kallal (§ **43**).

[1] Ленинский сборник, IX, стр. 183.

4. **Uute teadmiste andmise meetodid.** Uute teadmiste andmisel õpilastele võib kasutada mitmesuguseid meetodeid, milledest kõige iseloomulikumad on: 1) loengute ehk informatsiooni, 2) uurimise ja 3) heuristiline meetod.

1) Käsitluse loenguline meetod. Käsitluse loengulise meetodi iseloomulikuks jooneks on **kestev jutustus,** mida ei katkestata ei õpetaja küsimustega õpilastele ega õpilaste poolt algatatud küsimustega. 6. ja 7. klassis kasutatakse harva loengute viisi puhtal kujul, kuid selle parajamõõduline kasutamine ei ole võimatu. Füüsika „loenguga" käivad harilikult kaasas katsete demonstratsioonid. Loengu ülesandeks on kõikide loengu teema juurde kuuluvate tunnetamise elementide teatamine. Kuulates ja tajudes loengut, õpilane õpib faktidevaheliste seoste kindlakstegemist, nende vastandamist, seaduspärasuste tuletamist. Seega seisab õpetaja ülesanne selles, et tema poolt antavad teadmised osutuksid õpilasele niivõrd jõukohasteks, et ta tajuks neid ilma eriti pingelise mõttetegevuseta. Õpilase ülesanne aga piirdub ainult käsiteldu tajumise ja selle meelespidamisega; seepärast on loengumeetodile iseloomulik õpilase mõtlemise suhteline passiivsus kõigi siit tulenevate tagajärgedega, nii et sellel meetodil, millel on palju väärtusi, on ka suuri puudusi, eriti õpetamise algastmel. Heaks täienduseks sellele meetodile on vestlus, kus õpetaja ise lisab oma ettekandele küsimusi õpilastele ja õpilased peatavad õpetajat, esitades temale küsimusi ärakuulatud materjali mittemõistmise või mitteküllaldase omandamise juhul.

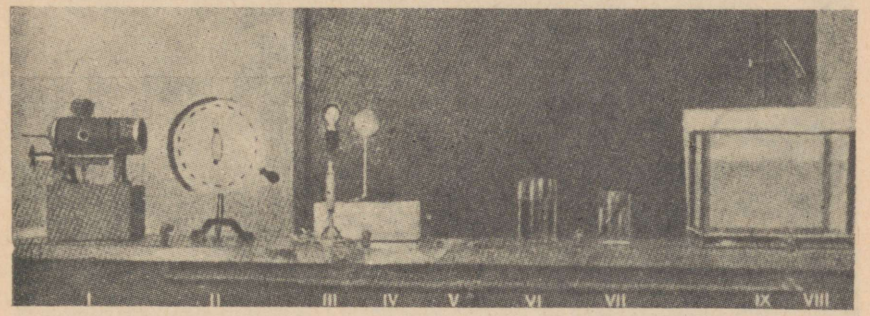
2) Uurimismeetod. Täielikuks vastandiks loengumeetodile on uurimismeetod, mis oma täies ulatuses ei mahu õpetamise tunnisüsteemi, sest ta seab peaülesandeks võimaldada õpilasele **täielikku iseseisvust** tunnetamises ja omandamises. Selle meetodi põhiidee, mis seab oma ülesandeks õpilase omaalgatuse ja aktiivsuse äratamise, samuti ka iseseisvuse arendamise, on õige; absurdsed on ainult äärmuslikud vormid, milles suhteliselt õige tees viiakse absurdsuseni. Tunnisüsteemi raamides on lubatav vajalikul ajal ja parajal määral abiks võtta ka uurimismeetodit, selleks et arendada vajalikul määral õpilase omaalgatust ja iseseisvust. Tuleb õpetada õpilast mitte ainult „hääle abil", vaid organiseerida temale ka iseseisvust nõudvat tööd.

3) Heuristiline meetod. Heuristilisele meetodile on iseloomulik õpetamine õpilastele esitatavate küsimuste abil, millele õpilased peavad leidma vastuseid. Need vastused võivad õpilased leida kas sellekohaste katsete korraldamise ja nende vaatlemise või laboratoorsete tööde tulemusena, neil olemasolevate teadmiste analüüsimise või kirjanduse iseseisva tundmaõppimise põhjal. Heuristiline meetod aktiviseerib õpetamist üsna tunduval määral, nagu uurimismeetodki, kuid, tänu aegsasti ettevalmistatud küsimuste süsteemile, suunab õpilase mõtet tema uurimistel ja võimaldab sellega teda juhtida. Küsimuste laad ja sisu määrab õpi-

lase töö iseseisvuse ulatuse. Heuristiline meetod on ühel äärmisel juhul oma olemuselt ainult uurimismeetodi vähe erinevaks teisendiks, teisel äärmisel juhul aga võib manduda vormiks, mis viib õpilaste mõtte ja tegevuse iseseisvuse (katseliste tööde korral) tegelikult nullini.

Koolitöö praktika on tõestanud, et õpetamisel **ei tule kasutada mingit ühtainsat meetodit.** *Tuleb ära kasutada kõige mitmekesisemaid meetodeid, valides igal eri juhul sellise, mis annab suurimat efektiivsust õpilaste mõtlemise arendamise, teadmiste omandamise kindluse ja aja säästmise mõttes.*

ÜK(b)P KK määruses alg- ja keskkooli tööst leidub juhend vajaduse kohta kasutada mitmesuguseid meetodeid ja mõistetakse hukka ainult ühe meetodi kasutamine (§ 12, 1).



Joon. 7. Tunni demonstratsioon-seade teemale: „Valguse murdumine".

Füüsika õpetamisel on **kõige õigem ehitada tund vestluse kujul,** vaheldades loengulist ehk informatsioonilist esitusviisi õpilase mõtlemisvõimet aktiviseerivate võtetega. Muuseas tuleb sellisel aktiviseerimisel abiks võtta „küsimuste-vastuste meetodit", esitades õpilastele lahendamiseks nende teadmiste tasemele jõukohaseid probleeme, s. o. küsimusi, millele nad peavad vastama i s e s e i s v a l t.

Vestlus peab ühendama endas k õ i k i võimalikke meetodeid: tema ülesandeks on esitada teema sisu ja äratada õpilase iseseisvat mõtet, aidata sel mõttel eostuda, tugevneda ja saada aine omandamise aluseks.

Vestluses on õpetaja ja õpilaste vastastikuse mõjutamise vormid väga mitmekesised ja peavad loomulikult tekkima vestluse enda ajal, kuigi tervikuna määrab need kindlaks õpetaja plaan.

Vestluse ajal peab õpetaja kogu aeg õpilasi jälgima ja nende vastustest küsimustele ja isegi nende näoilme järgi kujutlema endale neid psüühilisi protsesse, mis kulgevad vestlusest osavõtjate teadvuses.

Niivõrd kui psüühiline kontakt on tekkinud ja ilmneb **vastastikune mõistmine õpetaja ja õpilase vahel,** sedavõrd edukalt läheb ka teadmiste edasiandmine õpilastele. Selle edasiandmise välised vor-

mid — loeng, küsimused, selgitused vastuste puhul — kõik see leiab siis oma sobiva koha ja omandab mõjusa iseloomu. Kui õpilased **saavad aru,** mis tunnis toimub, siis nad on **tähelepanelikud;** kui nad on tähelepanelikud, siis nad **peavad hästi meeles** tunni faktilist külge. Tund on nendele huvitav ja vähem väsitav.

5. Teadmiste edasiandmise näitlikud võtted. Füüsika-alase vestluse iseärasus seisab selles, et õpetamise tegureiks on mitte ainult sõnad, vaid ka „elavad" tunded katsete, s. o. füüsiliste nähtuste vaatlemisel. Sellest tulenevad füüsikatunni läbiviimise raskused; seesama asjaolu tähendab aga õpetamisel ka teatavat võitu. Füü-



Joon. 8. Laboratoorne töö tunnis — takistuse mõõtmine.

sikatundides kasutatakse laialdaselt peale uute teadmiste andmise vestluse kujul veel järgmisi näitlikke võtteid ehk viise:

1) Katsete ehk teise sõnaga — eksperimentide (joon. 9) demonstreerimist õpetaja poolt (joon. 7) (§ **15**).

2) Nähtuste iseseisvat esilekutsumist õpilaste poolt laboratoorsete tööde kujul (joon. 8) (§§ **26—28**).

3) Õpilaste tutvustamist füüsikaliste suuruste mõõtmise viisidega laboratoorsetel töödel (§§ **26—28**).

4) Mitmesuguste õppevahendite (mudelite, diapositiivide, piltide, kinofilmide jms.) demonstreerimist õpetamise näitlikkuse tagamiseks (§§ **17—23**).

5) Riistade ja füüsiliste nähtuste graafiliste kujutiste (jooniste ja joonestiste) teostamine tahvlil ja valmisjooniste demonstreerimine (§§ 24 ja **25**).

6) Igat liiki graafikute ja diagrammide valmistamine ning demonstreerimine füüsikaliste suuruste muutumiste ja nendevaheliste seoste selgitamiseks (§§ 20 ja 21).

7) Ülesannete, sealhulgas ka katseliste, lahendamine (§§ 33—40).

Kuna mõnedel juhtudel ka kõik need võtted koos siiski ei osutu küllaldaseks, siis tuleb organiseerida eri tüüpi tunde ekskursioonide kujul tootmise, mitmesuguste tehniliste ehituste, muuseumide jne. vaatlemiseks. Ekskursioonide kavandamise ja teostamise metoodikat on käsiteldud §§ 29—31.

6. **„Elavalt kaemuselt . . ."** Paragrahvis 12, 3 näitasime, et tunni põhiosa, mis on pühendatud uute teadmiste edasiandmisele õpilastele, tuleb rajada V. I. Lenini poolt antud tunnetusprotsessi definitsiooni esimesele lülile.

Seitsmeklassilise kooli õpilaste teadmiste tase, vanuse iseärasused ja arenemisaste tingivad, et teaduslike teadmiste omandamise ainuõigeks teeks neile on tee, mis on rajatud konkreetsete faktide „elava kaemuse" alusele. Seejuures tuleb teaduslike teadmiste all mõista mitte ainult faktide, definitsioonide ja seaduste meelespidamist, vaid jõukohasel määral ka teaduse meetodi omandamist, mõtlemise arendamist.

„Mõtteprotsessi algfaasiks" — ütleb S. L. Rubinstein — „on probleemi sisaldava olukorra enamvähem selge mõistmine. Probleemilise olukorra mõistmine võib alata imestustundest . . . erakordsuse muljest."

Probleemisisaldava olukorra loomiseks antakse konkreetseid kujutlusi neist füüsika nähtustest, millest tuleb juttu tunnis. Selleks tuleb kõigepealt näidata või lasta õpilastel endil teostada eriti sobivaid ja võib-olla ka „efektseid" katseid, selleks et esile manada seda „imestust", mis on ergutajaks mõtlemise tekkimisele teatavas suunas. Need katsed peavad võimalikult suuremal määral väljendama tundmaõpitavate nähtuste rühma kõige põhilisemaid või iseloomulikumaid jooni.

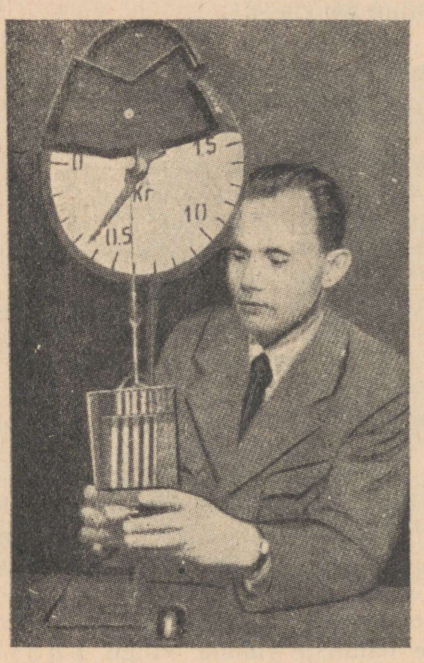
Kuid probleemilise olukorra loomiseks tuleb ära kasutada mitte ainult katseid, vaid ka õpilaste poolt igapäevases elus omandatud teadmisi paljude füüsikaliste faktide kohta. Need elulised teadmised on aga formaalsed, sest kuigi faktid on õpilastele hästi tuntud, ei ole nad nende poolt tunnetatud nende füüsikalise olemuse, nende põhjuselise seose mõttes (§ 7, 1). Selliste faktide taastamine õpilaste mälus õpetaja suunavate küsimuste varal süvendab probleemilise olukorra tekkimist.

Sellisteks elulisteks ja üldtuntud faktideks võivad näit. Arhimedese seaduse tundmaõppimisel olla: mõnede kehade ujumine vedeliku pinnal; keha kaalu näiv vähenemine vedelikus; pingutuste vähesus inimese keha ülalhoidmiseks ujumisel.

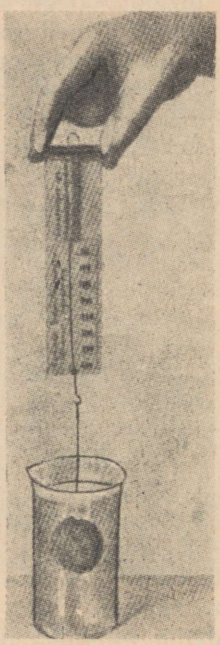
Katseid võib demonstreerida kas õpetaja või esitada õpilased ise laboratoorse töö kujul. Nii näiteks võib õpetaja sissejuhatuseks näi-

data katset dünamomeetri näidu vähenemisega selle külge riputatud keha asetamisel vedelikku (joon. 9, I), või avastavad selle nähtuse õpilased ise uurimise teel, otsides vastust õpetaja poolt neile seatud küsimusele (joon. 9, II).

Laboratoorsetel töödel tuleb samuti võimaldada õpilastele mitte ainult kaudsel teel veenduda üleslükkejõu olemasolus, vaid ka vahetult tunda selle mõju, mis ilmneb näiteks sukavardale kinnitatud puu- või korgitüki vette asetamisel. Märgime muuseas, et antud



Joon. 9-I. Kehale mõjuva vedeliku üleslükkejõu demonstreerimine õpetaja poolt.



Joon. 9-II. Kehale mõjuva vedeliku üleslükkejõu avastamine õpilase poolt.

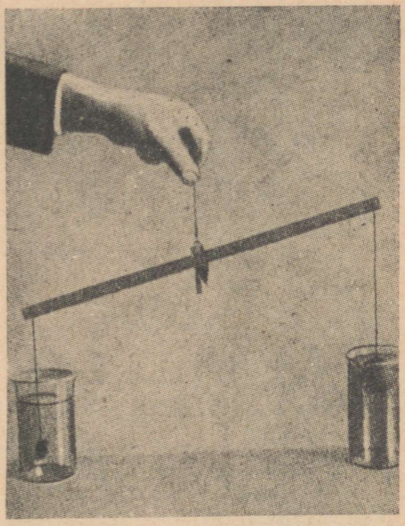
juhul laboratoorne töö osutub palju efektiivsemaks kui õpetaja poolt demonstreeritud katse nii täheldatavate faktide meelespidamiseks kui ka nende teadlikuks mõistmiseks. Peale selle niisugune töö võimaldab täielikumalt avada küsimust ja lihtsustada järeldust, mis viib veendumuseni üleslükkejõu olemasolus.

Seega tekib „elava kaemuse" põhjal õpilaste ees probleemiline olukord, mille lahendamine nõuab edasist uurimist.

Sõltuvalt käsiteldava küsimuse keerukusest, tuleb kas probleemilist olukorda edasi laiendada või siirduda töö teisele staadiumile, „abstraktsele mõtlemisele". Nii näiteks tuleb Arhimedese seaduse tundmaõppimisel korraldada esialgu veel mõned katsed, mis näitak-

sid kvalitatiivselt üleslükkejõu sõltuvust vedelikku asetatud keha ruumalast ja vedeliku erikaalust, s. o. jätkata faktide kogumise tööd (joon. 10). Vaatlusteks võib kasutada näit. võrdsete õlgadega kangi ja korraldada järgmised katsed: 1) võrdse kaaluga ja võrdse ruumalaga kehade asetamine ühesuguseisse vedelikesse, 2) samade kehade asetamine erinevaisse vedelikesse, 3) võrdse kaaluga, kuid erineva ruumalaga kehade asetamine ühesuguseisse vedelikesse.

Suuliste seletuste andmisel vaadeldud ettevalmistava ehk sissejuhatava töö staadiumis tuleb kasutada võimalikult kirjeldavaid väljendusi, läheneda kirjeldusele mitmesuguseid teid mööda, vältides teadlikult eksaktse terminoloogia tarvituselevõtmist. Nähtusi kirjeldatakse nii, et õpilased saaksid neist kõige konkreetsema kujutluse. Muidugi, kui on võimalik, tuleb kasutada varemalt tundmaõpitud oskussõnu.



Joon. 10. Kangi kasutamine vedelikku asetatud (võrdse massiga) kehadele mõjuva üleslükkejõu suuruse võrdlemiseks.

7. „... **abstraktsele mõtlemisele.**" Järgmine töö staadium, mis vastab abstraktsele mõtlemisele, on põhistaadiumiks, tsentraalseks staadiumiks. Sel staadiumil näidatakse **katseid** või korraldatakse **laboratoorseid töid**, millede najal avaneb nähtuste füüsikaline põhiolemus: võetakse tarvitusele eksaktne terminoloogia, defineeritakse füüsikalised suurused ja nende funktsionaalne seos, sõnastatakse seadused. Füüsika juhtlausete ja seaduste sõnastamise protsess on teataval määral sarnane teoreemi tõestusega, mida tõestatakse osalt katseliselt, osalt loogiliste arutluste abil.

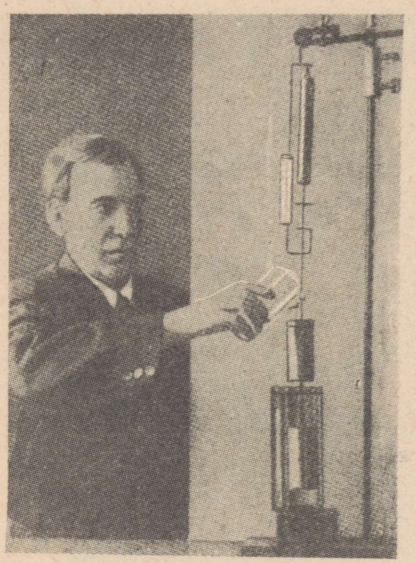
Õpetaja ülesanne seisab selles, et õpilastel kujuneksid teaduslikud teadmised tundmaõpitavaist nähtustest, et õpilased hiljem, pärast vastavat viimistlustööd, osutuksid võimelisteks kirjeldama õpitavat „teaduslike" sõnadega (terminitega) ja teadlikult sõnastama seadusi.

Vaadeldava näite puhul summeeritakse varem selles staadiumis sooritatud vaatlused (üleslükkejõu arvestamine, tema sõltuvus keha ruumalast ja vedeliku erikaalust) ja tehakse ämbrikesega katse demonstreerimise põhjal kindlaks Arhimedese seadus (joon. 11).

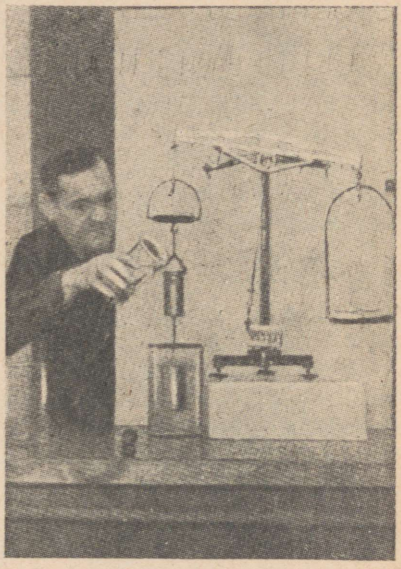
Seitsmeklassilise kooli õpilastele on see staadium, mis kujutab endast induktiivset protsessi „**erijuhust üldisele**" ehk teiste sõnadega — „elavalt kaemuselt abstraktsele mõtlemisele", tunni kõige

keerulisemaks osaks. On oluline, et õpilased ei tajuks üldistust „formaalselt", ja et see ei osutuks hiljem lihtsalt päheõpituks, ilma et õpilastel oleks selget kujutlust sellest faktide kõrvutamisest ja loogiliste arutluste sellest teest, mis võimaldas sõnastada juhtlauset ehk seadust.

Füüsika juhtlause ehk seaduse sõnastamine ilma oskuseta seda „tõestada", s. o. ilma oskuseta kirjeldada ja analüüsida fakte, mis viisid seaduse kindlaksmääramisele, ei saa kuidagi lugeda „teadmisteks", millede andmine on kooli ülesandeks.



Joon. II-I. Arhimedese seaduse põhidemonstratsioon dünamomeetri abil.



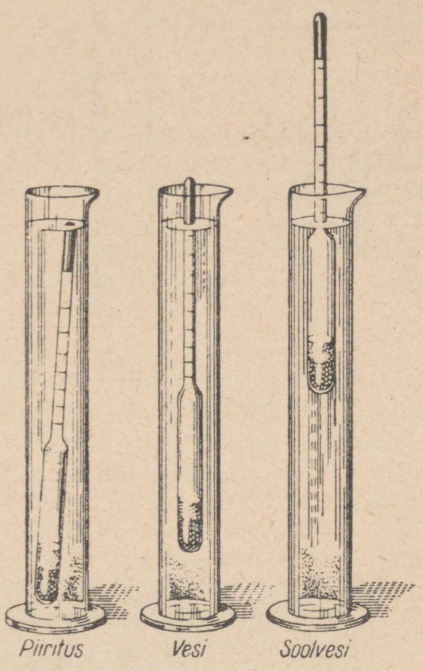
Joon. II-II. Arhimedese seaduse põhidemonstratsioon kangkaalu abil.

Tuleb veelkord alla kriipsutada, et töö esimese, ettevalmistava staadiumi läbiviimine on absoluutselt vältimatu (§ 12, 6). Ettevalmistava staadiumi põhiülesanne seisab selles, et järgnevas induktiivses protsessis õpilased oleksid võimelised mõtlema „aktiivselt", ette aimates järeldusi õpetaja järjekordsetest eeldustest tema loogiliste arutluste käigus ega võtaks vastu tema arutlusi passiivselt. Õpilane „ei saa aru", kui tema enda mõtlemine ei vii samade järeldusteni, millistele tuleb õpetaja oma jutustuses.

8. **„...praktikale"**. Nähtuste füüsikalist uurimist võib lugeda lõpetatuks alles siis, kui saab selgeks tema *tõelisus*, s. o. kui on ära näidatud tema tulemuste *rakendatavus* teistele nähtustele, mitte aga ainult nendele, milledest ta on tuletatud. Alles sellega on tõestatud tema *üldsus*. Tõelisuse kriteeriumiks dialekti-

lis-materialistliku maailmavaate juhtlause kohaselt on **kontroll praktika kaudu.**

Kui selge ei olekski õpilastele tee, mis viis füüsika seaduse kindlakstegemisele, on see seadus neile ikkagi abstraktsiooniks seni, kuni nad ei osutu võimelisteks deduktiivset laadi arutlusteks ja järeldusteks. Füüsika õpetamise ülesanne ei saa kuidagi piirduda ainult füüsika juhtlausete ja seaduste kindlakstegemisega. Sel juhul teadmised osutuksid formaalseteks, seadused ise aga „surnuteks". Õpetamise ülesannet saab lugeda täidetuks ainult sel juhul, kui õpilased on **õppinud jõukohaselt rakendama kindlakstehtud seaduspärasusi looduses esinevate füüsikaliste nähtuste seletuseks,** samuti kui nad on tutvunud ka nende seaduspärasuste **kasutamisega tegelikel otstarvetel igapäevases elus ja tehnikas.** Kui seda ei saavutata, siis on teadmised oma olemuselt **„tarbetud"**, õpilaste endi tabava väljenduse järgi.



Joon. 12. Demonstratsioonkatse: keha (areomeetri) vajumine erineva tihedusega vedelikes erineva sügavuseni.

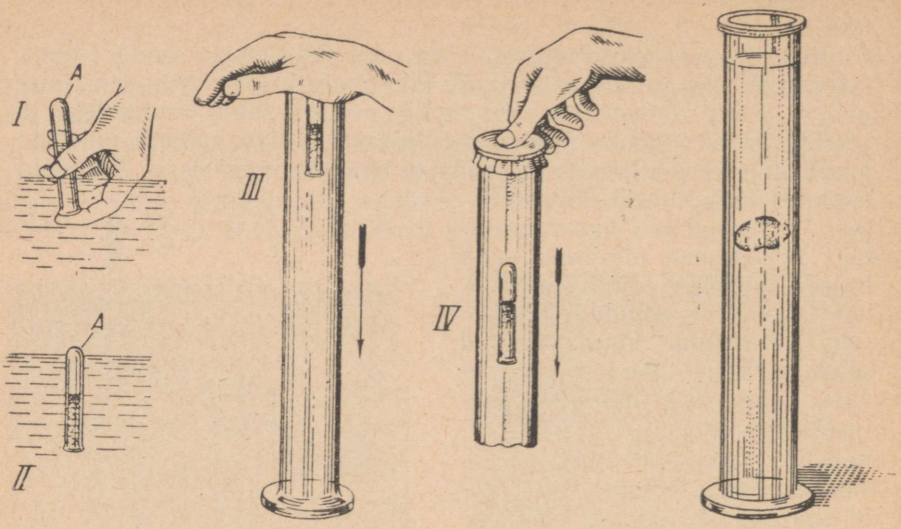
Õpilastele uute teadmiste andmise kolmanda — lõppstaadiumi vahetuks ülesandeks on **rea näidete varal õpetada oskust, rakendada seadust „ellu", ehk teiste sõnadega — „praktikasse".**

Kui tundmaõpitav küsimus on keerukas, siis järgneb samas staadiumis tema viimistlemine, s. o. teatatakse üksikasju, mis joonistavad põhipildi lõpuni ja annavad talle teatava harmoonilisuse ja lõplikkuse. Leitud seaduspärasust kasutatakse, nagu see sageli vajalik on, ka vastavate füüsikaliste ühikute kindlaksmääramiseks.

Eespool osutatud sihi saavutamiseks tuleb anda kirjeldus seaduse rakendusest igapäevase elu ja tootmise tehnikas, võttes abiks näitlike vahendite (mudelite, piltide, diapositiivide, kinofilmide) (§§ **17—23**), aga ka täiendavate katsete demonstratsioone. Suur tähtsus on samas suhtes ka ülesannete lahendamisel (§§ **33—40**).

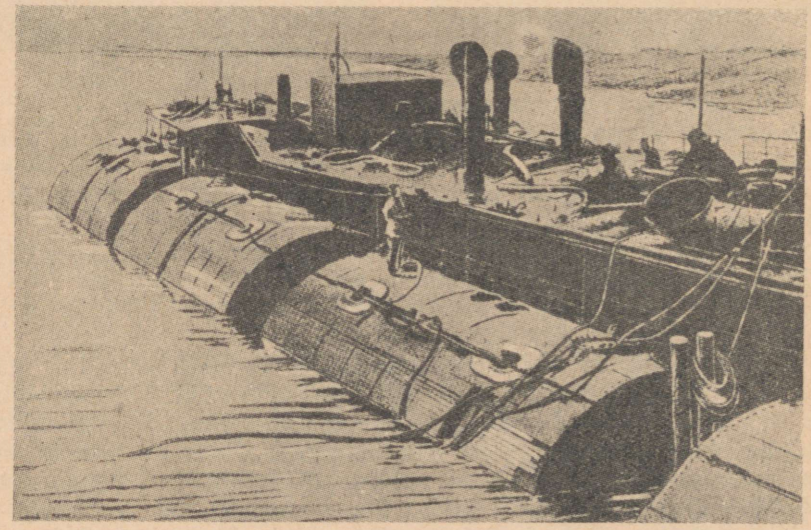
Esitatud skeemi järgi jõutakse ühe tunni vältel vaadelda tervikuna ainult võrdlemisi lihtsaid küsimusi (§ **64**); seadustest tulene-

TRÜ Raamatukogu



Joon. 13. Lihtsaima karteesiuse tuukri ehitus ujuvast katseklaasist *A* (vt. ka joonis 112-IV).

Joon. 14. Kartulimugula ujumine erineva tihedusega vedelike (vee ja soolalahuse) lahutuspinnal.



Joon. 15. Üks piltidest Arhimedese seaduse tehniliste rakenduste illustreerimiseks: „Põhjavajunud laeva ülestõstmine pontoonide (ujukite) abil".

vate „järelduste", nende rakenduste tundmaõppimine tehnikas aga nõuab tavaliselt rida järgnevaid tunde.

Nii näiteks pärast Arhimedese seaduse kindlakstegemist võimaldab järelejäänud aeg lahendada ainult ühe või kaks ülesannet ja visandada küsimuse arendamise edasisi perspektiive (joon. 12, 13 ja 14); järeldused seadusest (ujumise tingimused) ja seaduse mitmesugused rakendused (areomeeter, allveelaev, pontoonide kasutamine sõjaasjanduses, põhjavajunud laevade ülestõstmine (joon. 15) jm. tulevad vaatlusele järgnevatel tundidel. Peale katsete ja piltide näitamise Arhimedese seaduse küsimuse kohta on soovitav kinofilmi demonstreerimine.

Kui küsimuse tundmaõppimine tervikuna on võimalik ühe tunni jooksul, siis õpitu paremaks omandamiseks tuleb tund lõpetada treeningu laadi töödega, võttes abiks muuseas õpilaste küsitlemise äsja tundmaõpitu teemal.

Konkreetsed näpunäited tundide läbiviimise metoodika kohta on toodud metoodilistes juhendites (§§ **52—111**).

§ 13. Füüsika tunni ettevalmistamine.[1]

Tunni eesmärgi ja sisu kindlaksmääramine, samuti ka tunni tööplaani ja konspekti koostamine on võimalik alles pärast kogu teema üldplaani väljatöötamist. Temaatilise plaani koostamine, nagu seda selgitatakse edaspidi (§ **43**, 3 ja 4), on kõige vastutusrikkamaks ülesandeks, mis määrab kindlaks teema käsitluse metoodika tervikuna, järelikult ka teemat moodustavate tundide metoodika. Seni, kuni on välja töötamata kogu teema plaan, ei saa mõeldagi, veel vähem plaanida üksikute tundide metoodikat. Teema läbivõtmisel tundmaõpitav materjal jaotatakse üksikutele tundidele. See jaotamine aga ei tohi toimuda mehaaniliselt, vaid arvestades küsimuse r a s k u s e-astet õpilaste jaoks ja ka aega, mis on vajalik treeningutöödeks küsimuse õpilastele selgitamise ja selle omandamise tagamiseks nende poolt. Seepärast võib juhtuda, et mahu poolest jaotub materjal üksikutele tundidele mitteühtlaselt. On ilmne, et mida keerukam ja raskem on küsimus, seda enam aega nõuab ta enda tundmaõppimiseks.

Seejärel toimub kõigepealt tunni otsese e e s m ä r g i kindlaksmääramine, s. o. otsustatakse, millised ja millist laadi t e a d m i s e d peab õpilane saama just antud tunnil ja millistes vastastikustes suhetes peavad need teadmised olema nii teema eelneva kui ka järgneva tundmaõppimisega. Selliseks kindlaksmääramiseks tuleb õpetajal tingimata läbi vaadata vastavad jaod füüsika põhikursuses ja füüsika metoodikas, ja üksikasjalikumalt, kui seda tehti temaatilise plaani koostamisel, ühtlasi tutvudes antud küsimuse käsitlusega mõnes tüüpilisemas füüsika algkursuse õpikus (§ **45**, 2). Etteval-

[1] Käesoleva paragrahvi lugemise eel tuleb tutvuda § **42**.

mistamisel peab õpetaja täpsustama ka seda, missuguseid *ajaloolist* laadi materjale tuleb puudutada, peab märkima endale küsimused tundmaõpitava nähtuse tähtsamaist rakendustest tehnikas, sealhulgas ka sõjaasjanduses. Alles pärast seda, kui õpetaja on taastanud oma mälus küsimuse teadusliku käsitluse ja on tutvunud õpetamise mitmesuguste teedega, on võimalik üle minna selle konkreetse metoodilise tee otsimisele, mis antud küsimuse õppimisel oleks kõige efektiivsem.

Nagu põhjalikult on selgitatud § 45, pole mingit vajadust püüda just seda, et õpilastele antud teadmiste ulatus ja käsitluse metoodika vastaksid täielikult õpikule, kuid täiesti vältimatult on vaja, et tunnis saadud teadmiste alusel õpilased oleksid suutelised oma koduses töös *kasutama* õpikut. Õpetaja käsitlus ei saagi täielikult vastata õpikule juba sellepärast, et õpetaja kasutab kõige mitmekesisemaid meetodeid ja õpetab mitte sõnaliselt, vaid *näitlikult*.

Pärast iseenda ettevalmistamist peab õpetaja visandama *lühikese* orienteerumisplaani, mis tuleb edaspidi täpsustamisele ja väljatöötamisele, tarbekorral ka ümbertöötamisele. Tundmaõppimisele kuuluv küsimus jaotatakse selles esialgses plaanis osadeks, määrates kindlaks, mis moodustab just küsimuse peaosa või olemuse ja mis on vähem oluline. Nii näiteks võib soojusjuhtivuse käsitlusele pühendatud tunni orienteeruv kavand olla järgmine:

a) soojuse edasiandumise nähtuse vaatlus;

b) soojuse levimise põhiprintsiibi tuletus — soojemalt kehalt külmemale;

c) soojusjuhtivuse iseärasuste avastamine kõvadel kehadel, vedelikkudel ja gaasidel;

d) soojusjuhtivuse nähtuse puudumine läbi vaakuumi;

e) soojuse hea ja halva edasiandmise tegelik tähtsus;

f) õhu halva soojusjuhtivuse eriline tähtsus;

g) soojusjuhtivuse kohta käivate teadmiste kasutamine tehnikas.

Selles kavandis on toodud oluliste küsimuste loetelu ja on põhimiselt ette määratud ka nende tundmaõppimise järjestus.

Järgnevaks ülesandeks on õpetamise *meetodite* kindlaksmääramine ja ligikaudne vajalike *demonstratsioonide* valik. Sõltuvalt küsimuse omapärast, aga ka teemale vastavast tööplaanist tervikuna, tehakse selgeks tunni ülesehitamise *meetodid* ja *vorm*.

§ 12, 6 esines näide kahe erineva viisi kasutamisest Arhimedese seaduse tundmaõppimisel. Täpselt samuti on ka soojusjuhtivuse küsimuses võimalikud demonstratsioonide ja laboratoorsete tööde korraldamise ning eesmärgi mitmesugused variandid. Näiteks võib laboratoorses töös avastada soojusjuhtivuse nähtuse „uurimise" teel, võib aga ka teostada metallide, vee ja õhu soojusjuhtivuste võrdlemist „vaatlevalt", s. o. õpetaja demonstratsiooni kordamise teel. Lõpuks võib ühel või teisel kaalutlusel laboratoorne töö puududa

ja käsitlus rajatakse ainult demonstratsioon-katse alusele. Ühe või teise meetodi kasutamise ratsionaalsust füüsika mitmesuguste küsimuste puhul selgitatakse programmi teemade metoodilistes juhendites (§§ 52—111).

Pärast demonstratsioonide ja laboratoorsete tööde (vastavalt füüsikakabineti sisustusele ja võimalustele) mitmesuguste variantide tundmaõppimist kirjanduse järgi määratakse täiesti kindlaks nende nimestik, mis võivad täielikult tagada kogu õpetamise normaalset käiku ja läbiviimist antud tunnil. Peale selle selgitatakse, missuguseid näitlikke õppevahendeid (diagramme, graafikuid, diapositiive, kinofilme) tuleb käsitlusel kasutada (§§ 17—23).

Edasi läheb õpetaja üle plaani täpsustamisele uue materjali käsitluse osas, võttes arvesse ühelt poolt vahetu seose loomist eelmise õpingu materjalidega ja teiselt poolt teema edasiarendamise tagamise vajadust. Plaani täpsustamisel peab õpetaja kujutlema käsitluse protsessi endale sel kujul, kuidas ta kavatseb seda teostada tunnis; algajal pedagoogil aga tuleb koostada enamvähem ulatuslik konspekt, mis peegeldaks endas töö kõiki külgi ja võtteid. Kõige soovitatavamaks ja efektiivsemaks võtteks on tunni selle osa proovi korraldamine. Selleks taastatakse sõnaline käsitlus, sõnastatakse küsimused õpilastele, viiakse läbi demonstratsioonid ja laboratoorsed tööd, samuti tehakse ka jooniste skitsid, mida õpetajal tuleb tunni ajal tahvlile joonistada (§§ 24—25). Üksikasjalikku tunni proovi tuleb eriti soovitada algajale pedagoogile, seda enam, et kogu täitmiseks kavastatud töö peab mahtuma rangelt kindlaksmääratud ajalõiku, mis on arvestatud peaaegu minutilise täpsusega. Lähtudes ajakaalutlustest, tuleb tihtilugu muuta tunni ülesehitamise ja läbiviimise viise, selleks et jõuda läbi töötada kogu vajalik materjal, otsides sealjuures niisuguseid teid, mis viiksid parima tulemuseni lühima ajaga. Kogenematul pedagoogil võib tekkida tunnis oma plaani teostamisel rida ootamatusi. Need ootamatused seisavad selles, et küsimuse mõned küljed osutuvad õpilastele raskemaks, kui seda ootas pedagoog, ja ümberpöördult — eeldatud raskused ületatakse võrdlemisi kergesti.

Kuna tund koosneb kahest põhiosast — tutvumisest füüsika uue küsimusega ja treeningust tundmaõpitu paremaks arusaamiseks ning omandamiseks, siis on ka selle viimase osa plaanimisel mitte väiksem tähtsus. Selleks kavandab õpetaja eelkõige küsimused, mis võimaldaksid saada kujutluse sellest, millisel määral on tema poolt antud teadmised „jõudnud õpilaste teadvuseni". Plaanitakse ka täiendavate teadmiste andmine, ülesannete lahendamine, katsete korraldamine jm.

Lõpuks kavandatakse õpilastele antava koduse töö sisu, mis koosneb ettevalmistusest õpiku järgi, ülesannete lahendamisest ja kodustest laboratoorsetest töödest ning vaatlustest.

DEMONSTRATSIOONID FÜÜSIKA ALAL.

§ 14. Demonstratsioonide liigid.

Demonstratsioonideks füüsika alal nimetatakse füüsikaliste nähtuste ja nendevaheliste seoste sellist *näitamist õpetaja poolt, mis on määratud üheaegseks tajumiseks kogu klassi õpilastele*; siit järelduvad demonstratsioonide metoodilised ja tehnilised iseärasused.

Demonstratsioone võib jaotada kahte rühma, mis tunduvalt erinevad teineteisest: eksperimentide ehk katsete demonstratsioonid, füüsikaliste nähtuste reprodutseerimiseks, ja näitlike õppevahendite (mudelite, diapositiivide, kinofilmide, seinapiltide) demonstratsioonid, mis on määratud tehniliste objektide ja mõnede füüsika katseriistade välise kuju ja ehituse tutvustamiseks, aga ka mitut liiki graafiliste kujutiste, sealhulgas diagrammide ja graafikute demonstratsioonid.

Katsete demonstratsioonid, nagu seda juba selgitati §§ 7 ja 12, on tunni pedagoogilise protsessi ülesehitamise aluseks ja on seepärast määrava tähtusega; näitlike õppevahendite osa aga taandub enamikel juhtudel tundmaõpitava illustreerimisele. Seepärast täiendavad katsete ja näitlike õppevahendite demonstratsioonid vastastikku teineteist ühe või teise küsimuse käsitlusel. Algupärase katse asendamine näitlike õppevahendite demonstreerimisega on metoodilistel kaalutlustel üldiselt lubamatu, kuid teinekord tuleb seda abiks võtta, kui keerukate katsete demonstreerimine on tehnilistel põhjustel võimatu.

§ 15. Katsete demonstreerimise tähtsus.

Füüsikalise katse tähtsust õpetamisel selgitati eespool (§§ 7 ja 12); katse metoodika ja tehnika küsimusele. tema erilise tähtsuse tõttu, on pühendatud II köide. Seepärast piirdume siin vaid põhimõttelise tähtsusega üldiste juhenditega.

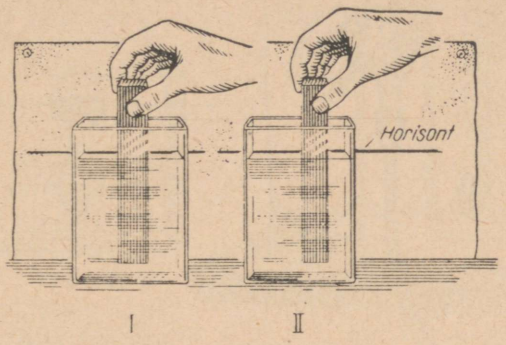
1) **Füüsika õpetamine ilma katsete demonstreerimiseta on täiesti mõeldamatu.** Ei mingi kuitahes elav ja ere kirjeldus ei saa iialgi asendada algupärase katse tajumist. See sarnaneks püüdega anda sündinud pimedale sõnadega kujutlust spektri värvustest. Õpilastele, kes kunagi ei ole näinud katseriistu ja katseid, on täiesti võimatu anda kujutlust füüsikaliste nähtuste rõhuvast enamikust.

Füüsika käsitlus ilma katsete demonstreerimiseta võtab dogmaatilise iseloomu, õpilaste poolt sel kombel saadud teadmised aga on läbini formaalsed, mitteelulised, mitterakendatavad ja seepärast tarbetud. Õpetajat, kes õpetamisel ei rakenda katseid, ei vabanda miski ja niisugusel õpetajal ei saa olla kohta nõukogude koolis.

2) Õpetaja peab oskama esitada ainet mitte ainult sõnade ja füüsikaliste nähtuste näitamisega, mitte ainult jutustada nähtustest, vaid leidma ka viise neid nähtusi õpilastele niivõrd lähendada, et nad saaksid koos temaga nende nähtuste u u r i j a i k s.

Muidugi ei tohi hakata veenma õpilasi, nagu saaks füüsika seadusi avastada ilma suurte pingutuste, aineliste vahendite ja töö kulutuseta, kuid siiski tuleb kasvatada õpilastes püüdu ise otsida seaduspärasusi tundmaõpitavais nähtustes.

Demonstratsioonid tuleb punuda sõnalise ettekande kangasse, nii et nende vahel tekiks orgaaniline seos. Seepärast **tuleb katset näidata mitte enne jutustust ja mitte pärast jutustust, vaid üheaegselt temaga.** See on väga raske ülesanne, mis nõuab, eriti vähevilunud õpetajalt, pikaldast ja läbimõeldud ettevalmistust. Rasku-



Joon. 16. Sissejuhatav demonstratsioon ühendatud anumate tundmaõppimiseks.

sed suurenevad veel seetõttu, et riista või nähtuse joonistamine klassitahvlile toimub mitte lahus katsest ning teda saatvast jutustusest, vaid samaaegselt nendega (§ **24**).

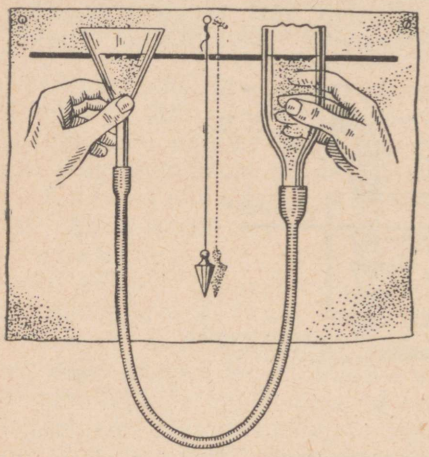
3) Metoodilistel eesmärkidel korraldab õpetaja demonstratsiooni nii, et esialgu anda õpilastele kujutlust mitte kõikidest füüsikaliste nähtuste tundmaõpitavatest külgedest, vaid ainult m õ n e d e s t. Seejuures on vajalik, et vaadates demonstratsiooni, õpilased näeksid ainult seda, mis õppimise antud staadiumil peab olema vaatluse aineks. Niisugused demonstratsioonid, nagu seda selgitati § **12**, 6, on e t t e v a l m i s t a v a i k s ehk sissejuhatavaiks demonstratsioonideks (joon. 7, 9, 10 ja 16).

See nõue seab demonstratsiooni-tehnikale kindlad ülesanded. Demonstratsioonid tuleb korraldada nii, et nähtuse mingisugused t e i s e j ä r g u l i s e d küljed, veel vähem aga kõrvalised muljed e i j u h i k s õpilasi e e m a l e demonstratsiooni põhieesmärgist.

Sissejuhatavaile demonstratsioonidele järgneb **põhidemonstratsioon, mis näitab tervikuna tundmaõpitava nähtuse kõiki külgi,** niivõrd kui see on võimalik. Selle demonstratsiooni põhjal s õ n a s -

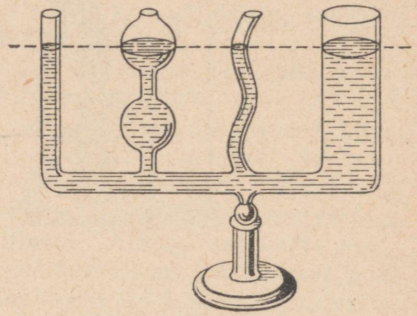
tatakse juhtlause või seadus lõplikul kujul (joon. 11 ja 17). Edasi võivad järgneda illustreerivat laadi demonstratsioonid seaduse enda, tema järelduste või rakenduste selgitamiseks (joon. 12, 15 ja 18). Mõningatel juhtudel osutub tarvilikuks välja valida mitu sellist demonstratsiooni, mis võimaldaksid tutvustada õpilasi järk-järgult ja kindlas järjestuses nähtuse vajalike külgedega.

Hoolimata demonstratsioonide väga suurest tähtsusest, tuleb siiski hoiduda tundi nendega üle koormamast. Tuleb piirduda ainult tarvilike demonstratsioonidega. Võrdlemisi lihtsate küsimuste korral osutub küllaldaseks ainult ühe hästi korraldatud katse demonstreerimine.



Joon. 17-I. Põhidemonstratsioon: „Ühendatud anumad".

4) Demonstreerimisel on hea korrata ühte ja sama katset



Joon. 17-II. Koolides laialt levinud riist: ühendatud anumad.

mitu korda, eriti kui sealjuures on võimalik teda pisut teisendada. 6. ja 7. klassi õpilased ei suuda tavaliselt ühe korraga kõike vajalikku tähele panna ja meeles pidada. Samuti on soovitav igati soodustada riistade vaatlust õpilaste poolt vahetundidel või pärast tunde.

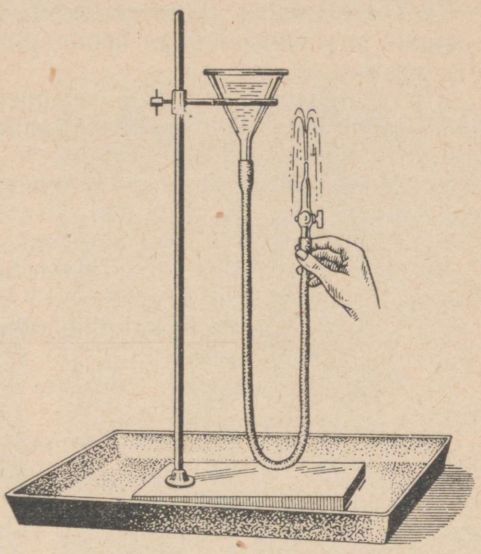
On väga kasulik lasta mõningaid, selleks kõige jõukohasemaid demonstratsioone sooritada õpilastel endil nende küsitlemisel. Tehes demonstratsiooni ise läbi, omandavad õpilased nähtuse paremini (küsitlemine on niisugusel juhul mitte ainult teadmiste kontrollimise, vaid ka õpetamise vahendiks).

Õpilased, teades, et neilt nõutakse demonstratsiooni korraldamist, jälgivad tähelepanelikumalt õpetajat, kui tema demonstreerib. Korduvad demonstratsioonid on eriti tähtsad kordamisel. Nähtus võib olla õpilaste poolt „unustatud", see viib kordamisel sõnade pähetuupimisele, milledel pole reaalset alust.

5) **Õpetaja poolt demonstreeritav katse peab alati õnnestuma.** Katset, mis ei tule välja, on parem mitte näidata. Kuid sellest

järeldub, et katsed peavad välja tulema, et nad ei tohi ebaõnnestuda ja ei järeldu sugugi, et kabineti puudumisel ei tule üldse näidata katseid, kuni kabinet pole loodud. Sel põhjusel isegi vilunud õpetaja valmistab katset ette aegsasti ja hoolikalt ning proovib seda. **Ebaõnnestunud katse, peale selle, et ta ajab nurja mõne osa või teinekord ka kogu järgneva pedagoogilise protsessi, viib ka veel õpetaja autoriteedi vähenemisele õpilaste silmis.** Samuti on lubamatu näidata katseriistu, kui katset nendega ei tehta, vaid katsest ainult jutustatakse; erandi moodustavad need katsed, mida kooli tingimustes tõepoolest ei saa demonstreerida.

6) Kõige parem on, kui õpilased tajuvad demonstratsiooni vahetult. Nähtuse projitseerimist ekraanile tuleb rakendada ainult neil juhtudel, kui teisiti pole võimalik tagada nähtavust.



Joon. 18. Ühendatud anumate seaduse järelduse demonstratsioon — purskkaevu töötamine.

7) Füüsika õpetamise metoodika esitab demonstratsioon-katsetele rea nõudmisi: nähtavuse tagamine, lihtsus, ilmekus, emotsionaalsus jms.; vt. selle kohta II k., §§ **1—3.**

Kirjanduse loetelu demonstratsioon-katsete alalt — vt. § **47**, 5.

VIIES PEATÜKK.

NÄITLIKUD ÕPPEVAHENDID.

§ 16. Näitlike õppevahendite tähtsus ja liigid.

Füüsika õppimist tuleb esmajoones tagada füüsikariistade kasutamisega. Kuid mõnede füüsika küsimuste, eriti tema rakenduste vaatlusel (igapäevases elus, tehnikas ja sõjaasjanduses) on vajalik peale füüsikaliste katsete korraldamise katseriistade abil kasutada õppevahendite teisi liike, mis kannavad näitlike õppevahendite erinimetust.

Enne kui näitlikke õppevahendeid liigitada, selgitame välja eesmärgid, mida nad peavad teenima.

Näitlike õppevahendite ülesandeks tehnika küsimuste vaatlemisel on:

1) Tutvustamine mõningate füüsikariistadega ja nähtustega, mida pole võimalik koolis demonstreerida.

2) Tutvustamine mitmesuguste tehniliste konstruktsioonide, masinate jms. välise kujuga nende nüüdisaegsel kujul ja ajaloolises arenemises.

3) Masinate ja tehniliste seadmete sisemise ehituse, aga ka nende mõningate üksikosade näitamine tõelisel või skemaatilisel kujul.

4) Tutvustamine tootmise ja materjalide töötlemise mõningate protsessidega.

5) Tutvustamine füüsika ajalooga.

6) Näitliku kujutluse andmine arvulistest andmetest, mis iseloomustavad masinate tööd, osalhulgas ka energeetilisest küljest.

7) Näitliku kujutluse andmine mõnede suuruste muutustest füüsikalistes protsessides.

8) Mõnede füüsikaliste suuruste ja konstantide näitlik võrdlemine.

Püstitatud eesmärkide teostamiseks kasutatavad näitlikud õppevahendid võib jaotada kolme põhirühma:

1) Ruumilised õppevahendid — tehnikas tõeliselt kasutatavate riistade ja aparaatide kujul, mõnikord aga ka masinad ise, enamasti küll mudelite näol, ja lõpuks mõnede esemete kogumiku kujul, mis moodustavad kollektsioone.

2) Trükitud õppevahendid, nagu pildid, graafikud, diagrammid jms.

3) Diapositiivid, kinofilmid.

Iga nimetatud õppevahendite liigi ülesannet ja laadi vaadeldakse allpool.

§ 17. Masinad ja masinaosad.

Õpilaste tutvustamine mõnede masinate tööga ja osalt ka nende ehitusega võib toimuda ekskursioonidel. Koduses majapidamises kasutatavaid masinaid, neid pole küll palju, võib näidata klassis. Niisuguste masinate hulka kuuluvad: õmblusmasin (liikumise liigid, liikumiste edasiandmine ja muundamine), lihamasin (arhimedese kruvi, pöör), tolmuimeja (õhupump), petrooleumipriimus (ühendatud anumad) jms.

Kangide tundmaõppimisel võib demonstreerida mitmesuguseid tööriistu: kääre, pihte, suhkru tükeldamise tange, tuletange, pintsetti, jms. Väga kasulikeks õppevahenditeks on laagrid: tavaline, rull-laager (joon. 19), kuullaager; telefoni induktor (vt. II k., joon. 395), auto magneeto ja süüteküünal jms.

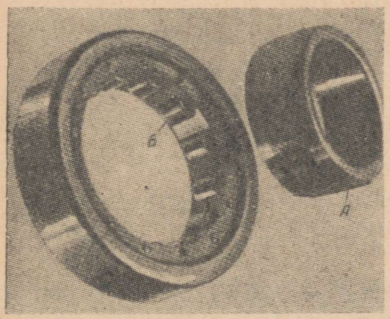
Niisuguseid majapidamisriistu, nagu priimus, tahiga petrooleumiköök, petrooleumilamp, elektripliit, elektritriikraud, elektrikiirgamisahi, termospudel (joon. 21) jms., näidatakse ning õpitakse tundma vastavate füüsika küsimuste vaatlusel.

Õpetajal, kel on sidemeid tööstusega, on soovitatav välja valida mõned masinaosad, mis võivad osutuda kasulikeks nii klassis demonstreerimiseks kui ka ringi tööks.

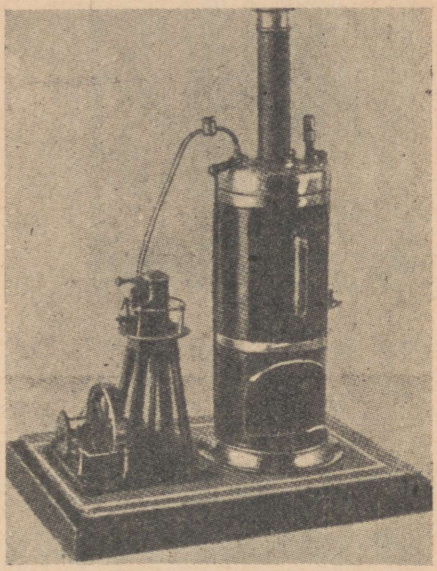
Mudeleid, mida kasutatakse masinate ehituse seletamiseks ja tegevuse demonstreerimiseks, on kolme tüüpi:

1) isetöötavad mudelid, mis näitavad masina töötamist;

2) mudelid, mis näitavad enam-vähem skemaatilisel kujul masinate ja nende üksikute osade ehitust;



Joon. 19. Rull-laager (et näidata rulle, on masina võllile asetatav rõngas välja võetud).



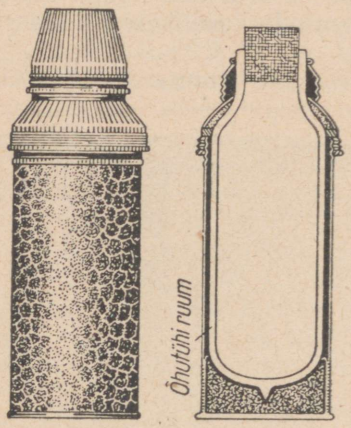
Joon. 20. Aurumasina mudel.

3) mudelid, mis annavad täpselt edasi ainult tehniliste seadmete välist kuju.

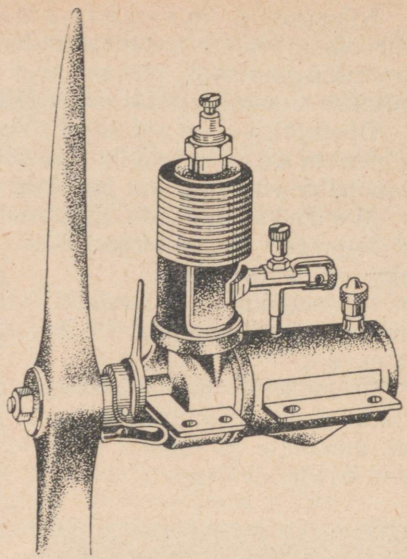
Esimest tüüpi mudelite (töötavate) hulka, mis oma väliselt kujult on sarnased tõeliselt kasutatavate masinatega, kuuluvad: aurumasin (joon. 20 ja vt. II k., joon. 80); auruturbiin (vt. II k., joon. 82); väike bensiinimootor mudellennukite jaoks (joon. 22); purilennuki ja lennuki lendav mudel; üleskeeratavad laste mänguasjad — tank kummiroomikutel, auto (joon. 23), väike elektrimootor (joon. 24), vedur ja elektrivedur, mängutransformaator jt.

Töötavate mudelite hulka kuuluvad: pealtlöödav ja altlöödav vesiratas (vt. II k., joon. 86); Peltoni turbiin (joon. 26); telegraafiaparaat (vt. II k., joon. 366); tõstekraana elektromagnet (vt. II k., joon. 365); veepumbad: imev- (joon. 25) ja surupump (vt. II k., joon. 89 ja 90).

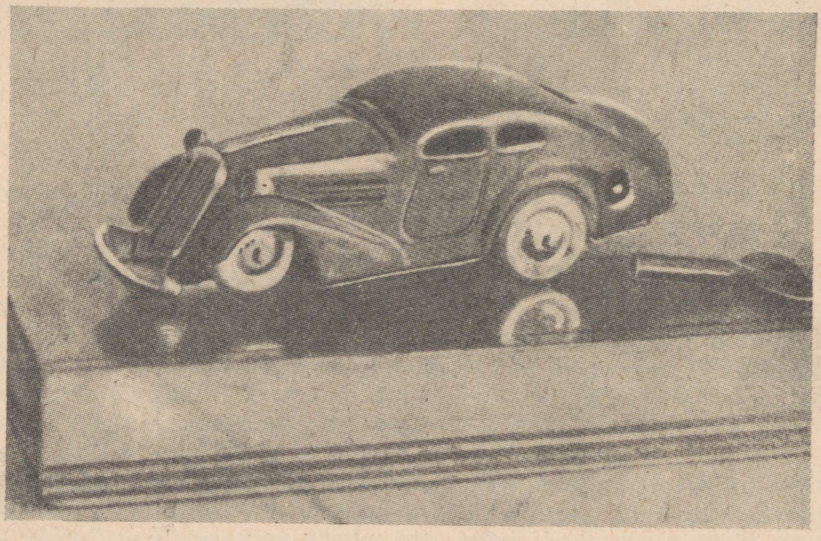
Töötavaid mudeleid, millede konstruktsioon on sihilikult lihtsustatud, kasutatakse ainult masina töötamisprintsiibi demonstreerimiseks ja nad ei anna kujutlust masina tõelisest ehitusest. Niisugusteks mudeliteks on näiteks:



Joon. 21. Termospudel ja tema **ehitus.**

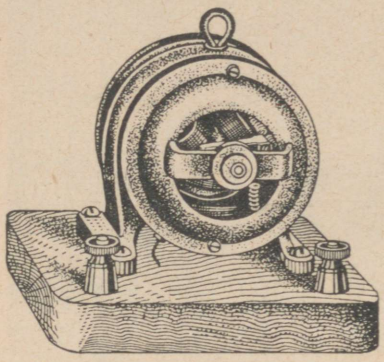


Joon. 22. Töötav väike bensiinimootor lennukimudelite **jaoks.**

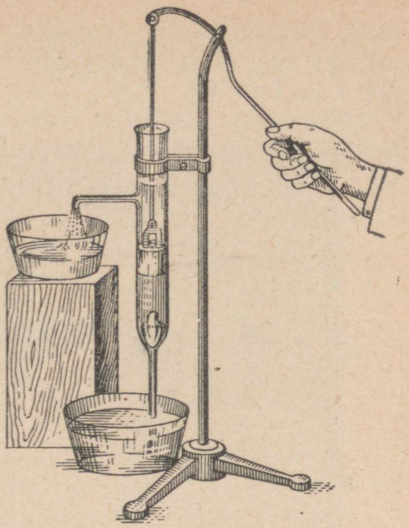


Joon. 23. Laste mänguasi — üleskeeratav auto (vt. joon. 110).

reaktiiv-auruturbiin Sahharov'i järgi (joon. 27) ja aktiiv-auruturbiin (joon. 28 ja vt. II k., joon. 82).

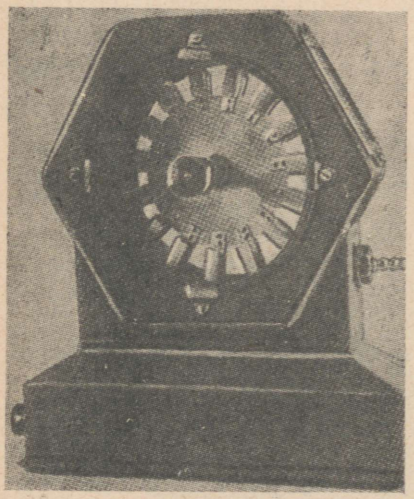


Joon. 24. Elektrimootori mudel.

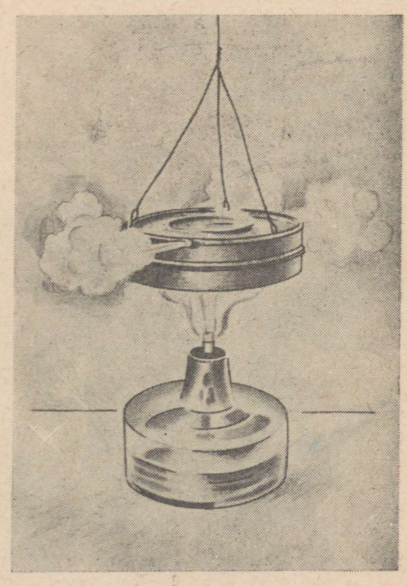


Joon. 25. Veepumba mudel.

Enamik nimetatud mudeleist on ruumilised õppevahendid; nad annavad näitlikuma pildi masina välisest kujust ja nende mõnedest üksikosadest kui mistahes illustratsioonide tahvlid, diapositiivid ja



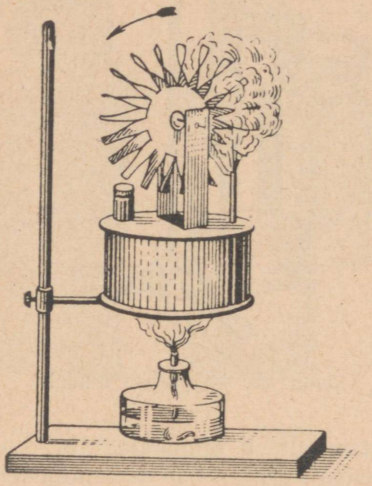
Joon. 26. Peltoni veeturbiini mudel.



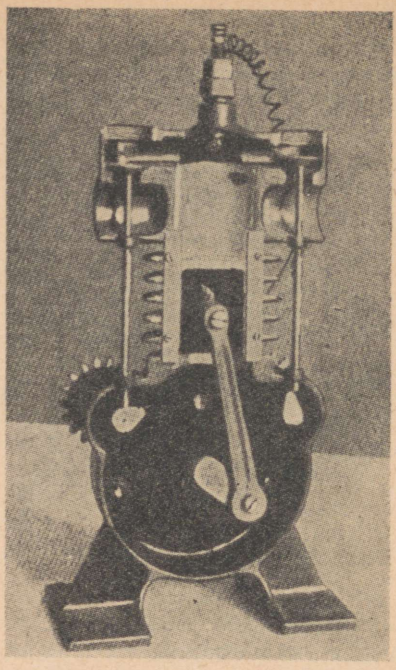
Joon. 27. Saapamäärdekarbist valmistatud reaktiiv-auruturbiini mudel.

osalt filmidki. Kõige olulisem on aga see, et sellised mudelid *töötavad*.

Töötavate mudelite demonstreerimine jätab harili-

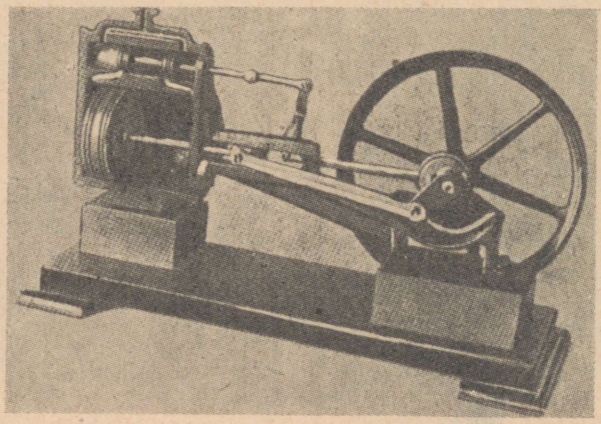


Joon. 28. Konservikarbist valmistatud auruturbiini mudel.



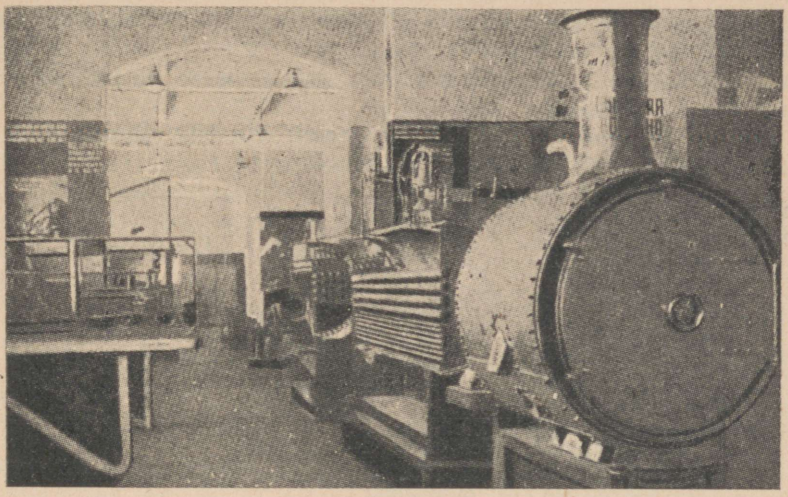
Joon. 29. Sisepõlemismootori mehhanismi mudel.

kult õpilastesse kõige *tugevama mulje*, põhjustab järelikult ka *suurendatud huvi* nende masinate ehituse ja töötamisprintsiibi vastu. Mudelid toovad füüsika õpetamisse tolle „terve"



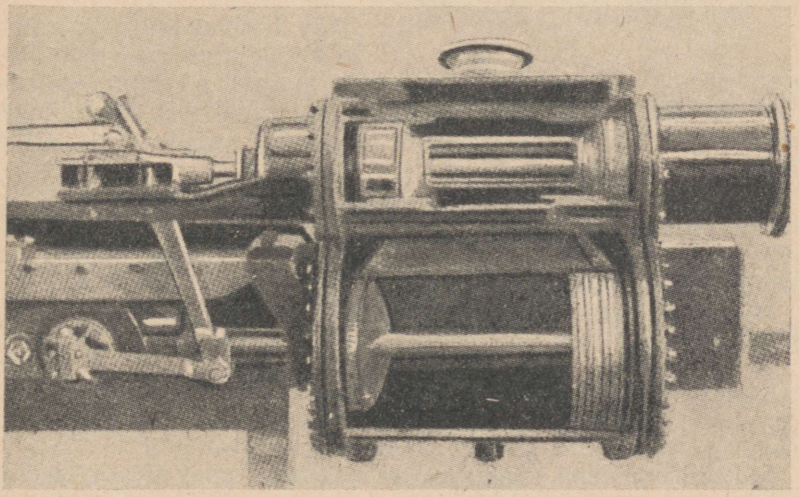
Joon. 30. Aurujagamismehhanismi mudel.

huvitavuse ja elevuse elemente, mis soodustavad õpetamise kvaliteedi t õ s t m i s t ja peaasi — vastava materjali o m a n d a m i s t õpilaste poolt.



Joon. 31-I. Veduri osade mudelid Moskva transpordi-muuseumis.

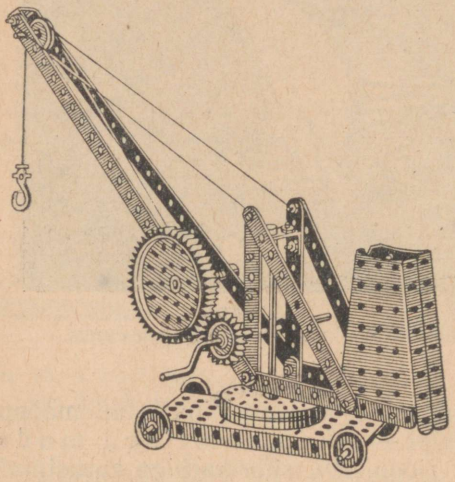
Peale masinate töötavate mudelite on jõumasinate tundmaõppimisel suure tähtsusega teist tüüpi — s k e m a a t i l i s e d m u d e l i d, näit.: sisepõlemismootori (joon. 29), siibrikarbiga aurusilindri



Joon. 31-II. Kaasaegse veduri silindri ja aurujagamismehhanismi läbilõige.

(joon. 30), dünamo ankru jne. mudelid. Osade liikumist neis mehhanismides tekitatakse käepideme pööramise abil. Need mudelid võivad kas reprodutseerida masina liikumist või näidata piltlikult masina või tema osade ehitust. Sellesse mudelite liiki kuuluvad tõeliste tehniliste riistade, näiteks veevärgi kraani, karburaatori, kollektori jne. läbilõiked. Muuseumis leiduvate (joon. 31, I ja II) tehniliste konstruktsioonide mudelite vaatamiseks tuleb teinekord ette võtta ekskursioone.

Erilist tähelepanu väärivad, peamiselt ringide töös, masinate mudelid, mida saab koostada „Konstruktori" nime all tuntud üksikosade komplektist. Kuna niisuguseid mudeleid koostatakse klassivälistel töödel õpilaste endi poolt ja nad võimaldavad arvukaid ja kõige mitmekesisemaid variante, siis avaneb siin piiramatu avarus õpilaste tehnilise iseseisvuse ja loominguliste ning konstruktorivõimete arendamiseks.



Joon. 32. Tõstekraana mudel, koostatud komplektist „Konstruktor".

„Konstruktori" masinate ja mehhanismide mudelitest, mida võib kasutada tundides, tuleb nimetada: tõstekraanat (joon. 32), transmissioonülekannet (vt. II k., joon. 92), hammasratasülekannet jt.

Kolmandat tüüpi mudelid reprodutseerivad v ä h e n d a t u d kujul tõelisi tehnilisi seadmeid, kujutades nagu m a k e t t i või ruumilist pilti ehtsast masinast. Seda liiki mudeleid leidub sageli muuseumides, kuna koolis nad asendatakse enamasti piltide või diapositiividega.

Sageli ühendavad mudelid endas eri liiki mudelite iseärasusi; näiteks veduri mudel võib küllalt täpselt reprodutseerida veduri välist kuju, anda kolvi, kepsu ja sidetiisli liikumise skeemi ning olla ühtlasi töötavaks mudeliks.

Mudelite kasutamise kohta tundides — vt. §§ **52—111;** mudelite ehituse ja nende demonstreerimise tehnika kirjeldust vt. II k., § **14.**

§ 18. Kollektsioonid.

Kollektsioonidena mõistetakse esemete või ainete k o g u m i k k e, mis on valitud kindlate t u n n u s t e järgi ja mida kasutatakse õppimiseks (joon. 33). Enamasti on kollektsioonid määra-

tud õpilastele füüsika tundides saadavate teadmiste süvendamiseks ja laiendamiseks. Kollektsioone tuleb tundma õppida peaasjalikult individuaalselt või väikese õpilaste rühmaga. Kollektsioonide kasutamisel on ülisuur tähtsus. Nad annavad õpilastele kujutluse materjalide omadustest, nende töötlemise viisidest ning tulemustest jms.

Kollektsioonid koostatakse enamasti õpilaste endi vahetul osavõtul, teinekord ekskursiooni tulemusena vabrikusse või tehasesse. Kogutud materjalid või detailid monteeritakse papi- või vineeritahvlitele (joon. 33) või klaaskaanega karpidesse ja varustatakse tingimata vastavate pealkirjadega, teinekord ka lühikese selgitava tekstiga. Pealkirjad ning tekst peavad olema sellised, et kollektsiooni iseseisvalt vaatlev õpilane saaks kujutluse sellest, mida nimelt kollektsioon näitab ja ainult täiendavate selgituste saamiseks pöörduks õpetaja poole.

Kollektsioonid riputatakse klassi seintele niisugusesse kohta, kus õpilastel on kerge neid tundma õppida.

Pole mingit vajadust välja riputada üheaegselt kõiki kabinetis olemasolevaid kollektsioone; kõige õigem on välja panna teatavaks ajaks ainult need, mis kuuluvad vahetult klassis käsiloleva küsimuse juurde.



Joon. 33. Isoleerainete kollektsioon.

Kollektsioonide liigne rohkus kabinetis, nagu näitavad kogemused, hajutab õpilaste tähelepanu ja viib ainult nende pealiskaudsele vaatlemisele, mitte aga tundmaõppimisele. Peale selle ei saa õpitava teema juurde mitte kuuluvad kollektsioonid äratada vajalikku huvi.

Füüsika õppimisel kasulike kollektsioonide hulk on suur, eriti maatüüpi koolidele juhuks, kui tuleb demonstreerida mõningaid materjale ja aineid, samuti ka tooteid, mida ei kasutata maakohas, kuid on tuntud linnas või tööstuskeskustes.

Kõige tähtsamate kollektsioonide hulka tuleks lugeda järgmisi näidiste kogumikke:

1) Metallid: vask, messing, tsink, raud, alumiinium, elavhõbe, seatina, tina jt.

2) Kütused: turvas, pruunsüsi, kivisüsi, antratsiit, koks, puusüsi, mitmesugused puitkütused, nafta, bensiin, petrooleum, piiritus jt.

3) Kristalsed ja amorfsed kehad: räni (mägikristall), asbest, maarjajää, sool (peensuhkur), metallimurded, vaha, parafiin jt.

4) Isoleerained: kautšuk, karboliit, eboniit, marmor, portselan, kiltkivi, puuvillane lõng jt. (joon. 33).

5) Isoleeritud elektrijuhtmed mitmesuguseks otstarbeks erineva ehitusega ja ristlõikega (juhe, pendlinöör, kaabel).

6) Mitut tüüpi elektrilambid.

7) Metallide töötlemise viisid — sepistatud, tõmmatud, stantsitud ja valatud esemete näidised.

Mõningaid kollektsioone on kasulik kujundada koos diagrammidega, mis iseloomustavad ainete füüsilisi omadusi (erikaal, soojusmahutavus, elektritakistus, küteväärtus jne.); selle kohta vt. § **21**.

§ 19. Pildid.

1. Piltide ülesanne ja liigid. Pilte, sealhulgas joonestusi, saab hea eduga kasutada mitmesuguste keeruliste riistade, tehniliste seadmete, masinate väliskuju ja ka ehituse tutvustamiseks.

Mõningatel juhtudel on piltide tarvitamine seletustel täiesti vältimatu, juhtudel, kui näiteks on juttu küllalt komplitseeritud objektidest, nagu aurumasinad ja turbiinid, elektrijaamad, tankid, traktorid, kahurid, lennukid, aurikud, allveelaevad, sõjalaevad jm.

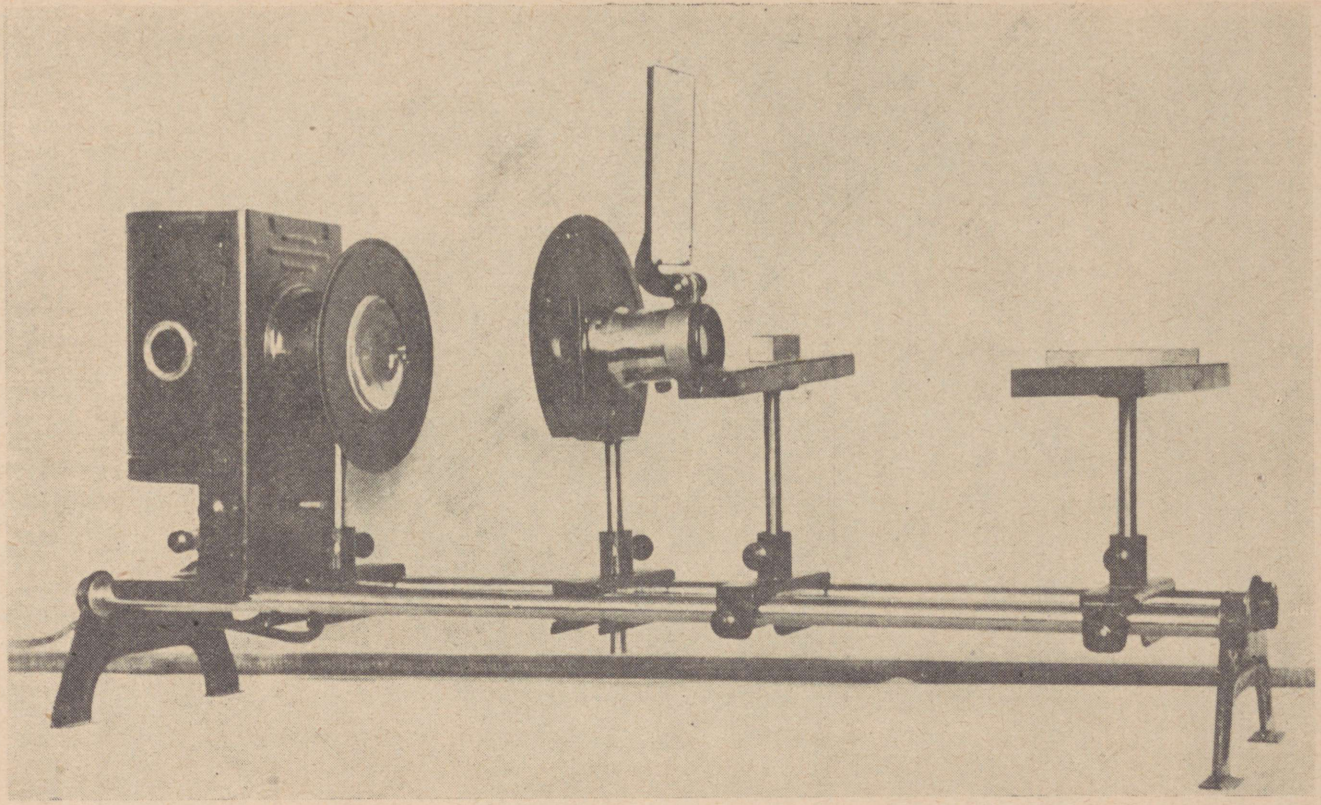
Pilte on: 1) trükipildid, mis on trükitud paberile ning määratud vahetuks vaatlemiseks, ja 2) pildid, mis nõuavad projitseerimist ekraanile suurendatud kujul, epi- või diaskoobi abil (joon. 34) (vt. II k., § **13**, 3 ja 4).

Viimast tüüpi piltide eriti väärtusliku liigi moodustavad liikuvad kujutised, mida saadakse kinofilmide abil (§ **23**).

Vahetuks vaatluseks kasutatakse kahte tüüpi pilte: 1) küllalt suuremõõduliste kujutustega seinapildid, mis on nähtavad kogu klassile (joon. 35—39), ja 2) väljajagatavad pildid, mis on väikesemõõdulised ja mida õpetaja jagab välja vaatlemiseks õpilastele kohtadel.

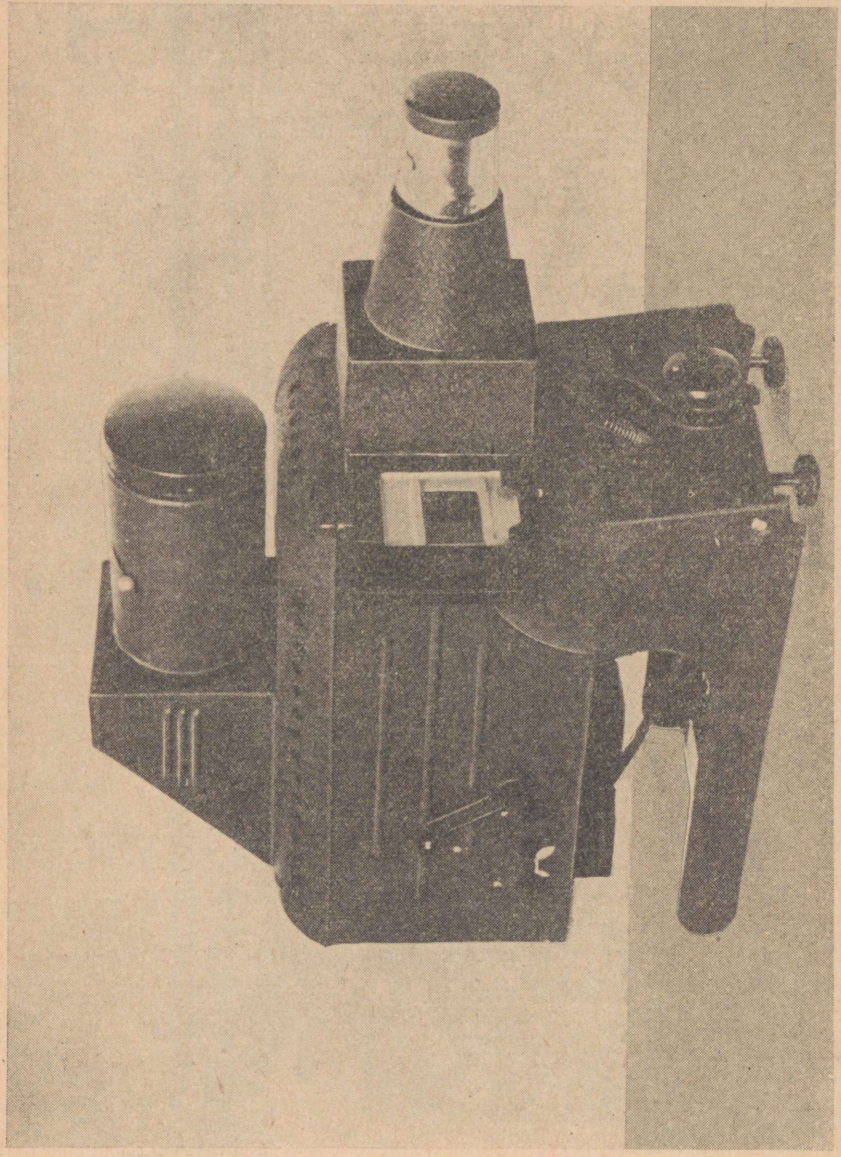
Diaskoobi abil ekraanile projitseeritavad pildid kannavad diapositiivide nimetust. Episkoobiliseks projektsiooniks kasutatakse enamasti jooniseid raamatuist ja ajakirjadest, samuti ka ülesvõtteid ja piltpostkaarte.

2. Seinapildid ja väljajagatavad pildid. Värvilisi seinapilte või tabeleid, mis on määratud eriti keskkooli jaoks, on antud välja Utšpedgizi (Riikliku õppe-pedagoogilise kirjastuse) poolt. Nad on



Joon. 34-I. Optiline pink katsete (spektri värvuste segamine kristallisatsioonikausi abil) demonstreerimiseks ja riistade ning diapositiivide projitseerimiseks.

kooli füüsika-kabineti sisustuse vajalikuks osaks. Neist piltidest väärivad suuremat tähelepanu füüsika esimese kontsentri jaoks järgmised: „Meetermõõtude-süsteem", „Hüdraulilised jõumasinad",



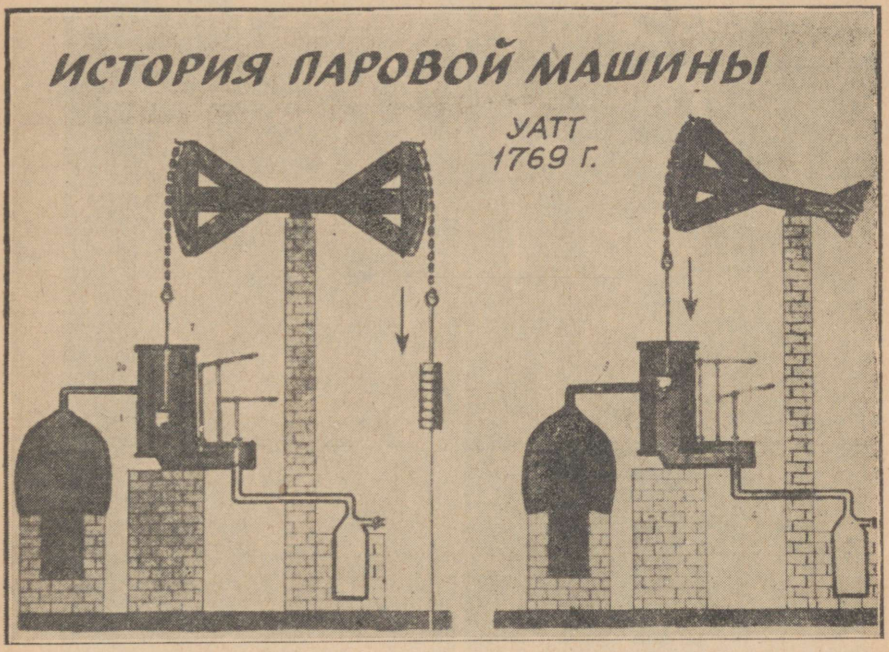
Joon. 34-II. Kooli projektsioonaparaat (epidiaskoop).

„Aurumasin", „Watt'i aurumasin" (joon. 35) (tänapäeva aurumasin — väline kuju ja ehitus, 3 tab.); „Hüdroelektrijaam" (Dneproges) (joon. 36); „Elektrienergia edasiandmine ja jaotamine" (joon.

37 ja 38) (2 tab.); „Sisepõlemismootorid" (joon. 39); „Elektervalgustus" (3 tab.).

Piltidest füüsika alal on kohustuslik kasutada tabeleid: „Meetermõõtude-süsteem" (joon. 125); „Spektrid".

Klassivälistel töödel võib suure eduga kasutada pilte: „Soojuselektritsentraal" (joon. 170); „Elektrimõõteriistad" (voltmeeter ja ampermeeter); „Mikroskoop ja refraktor" (joon. 275); „Alalis- ja vahelduvvoolu generaatorid". Iga pildiga on kaasas brošüür,

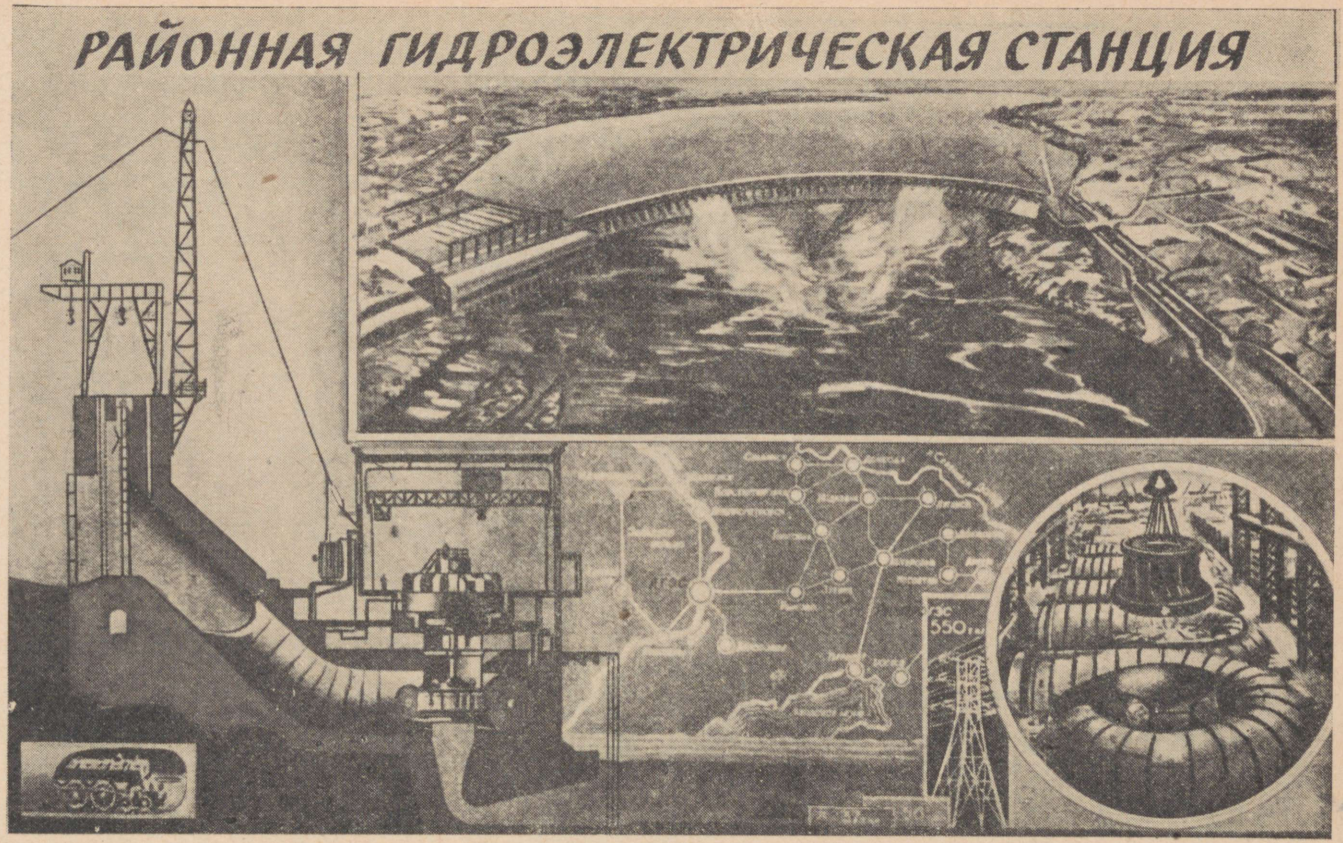


Joon. 35. Seinapilt sarjast: „Aurumasina ajalugu" (Watt, 1769. a.).

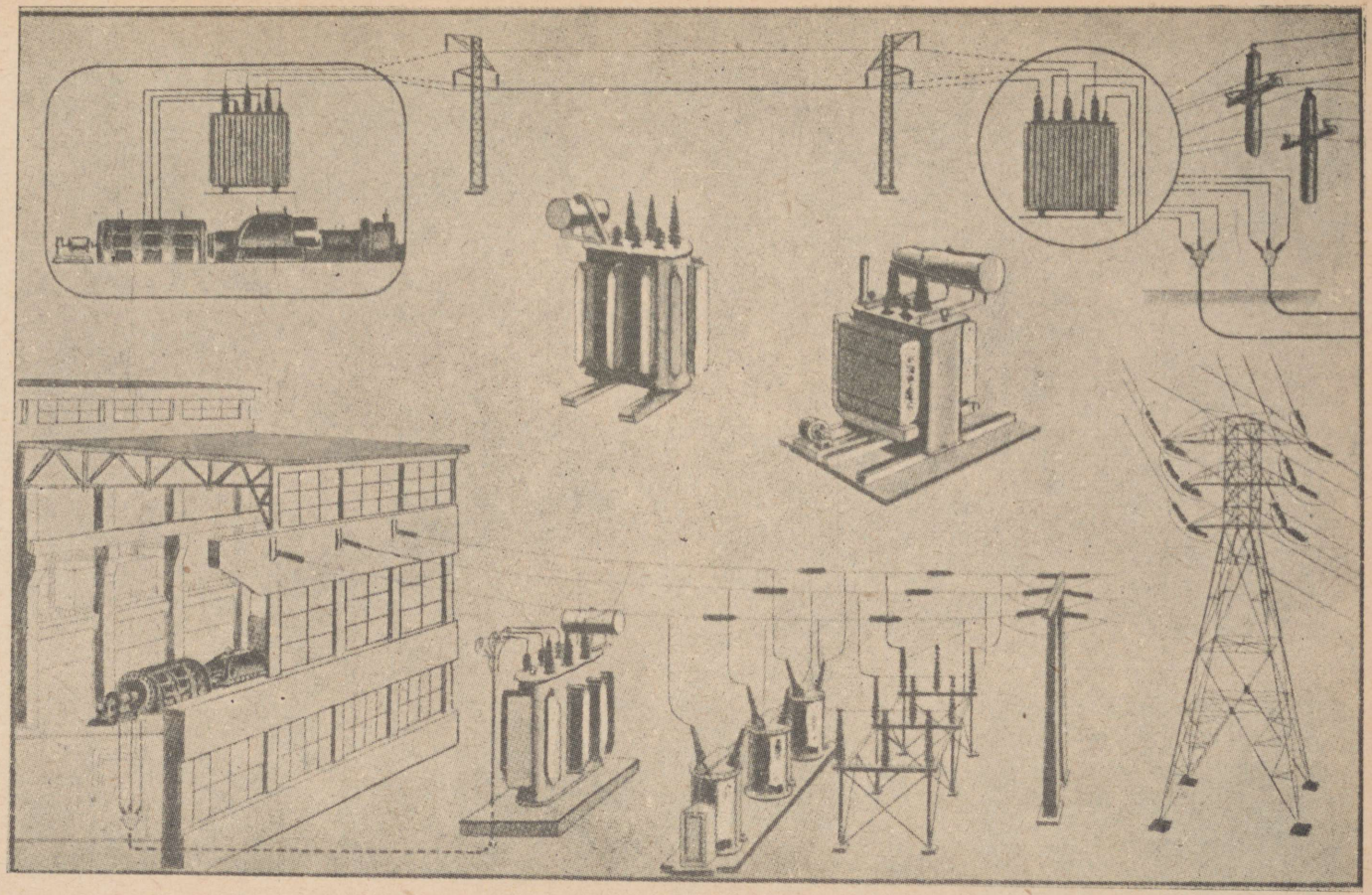
mis on määratud õpetajale ja sisaldab masina ehituse kirjelduse. Seda kirjeldust tuleb õpetajal enne põhjalikult uurida; alles pärast seda suudab ta anda vajalikke seletusi.

Selletaolisi pilte, peale mainitute, on välja lastud ka Vojengiz'i (Riikliku Sõjalise Kirjastuse) ja Osoaviahim'i ning tehnika-alaste kirjastuste poolt. Neist piltidest on keskkoolile kasulikud: „Auto", „Lennuk", „Sisepõlemismootor", „Lahinguvintpüss", „Kahur" jm.

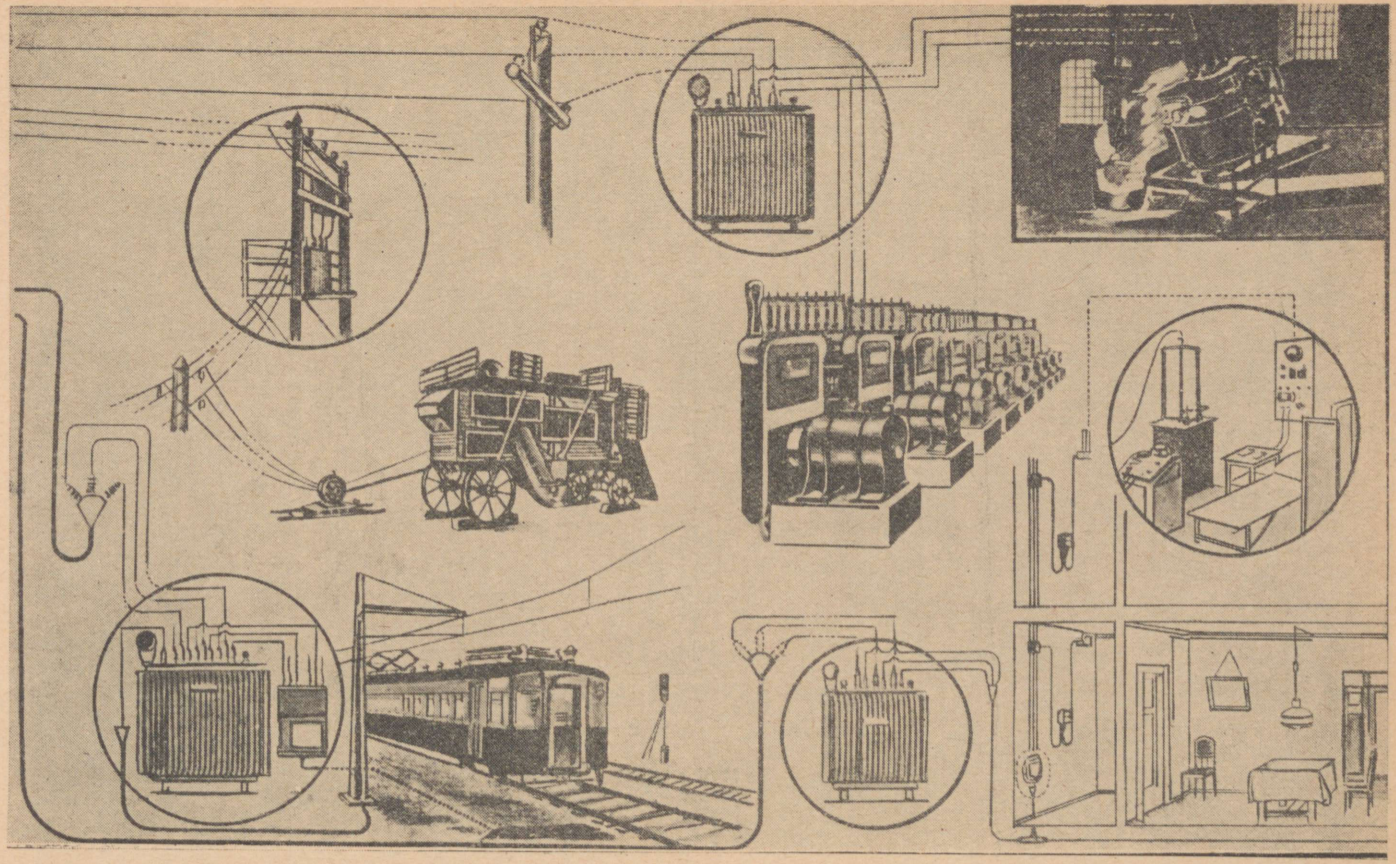
Piltidel on eelkõige see väärtus, et masinad ja ehitised on neil näidatud kas natuke või ka päris skemaatilisel kujul, ainult kõige olulisemate üksikosade esiletõstmisega. Masinaosade ereda värvuse tõttu on tagatud nähtavus mõne meetri ulatuses. Kuid mitte küllalt suurte mõõdete tõttu on kujutus kõigi oma detailidega nähtav ikkagi ainult ligikaudu poole klassi ulatuseni. Seepärast on



Joon. 36. Seinapilt: „Hüdroelektrijaam".

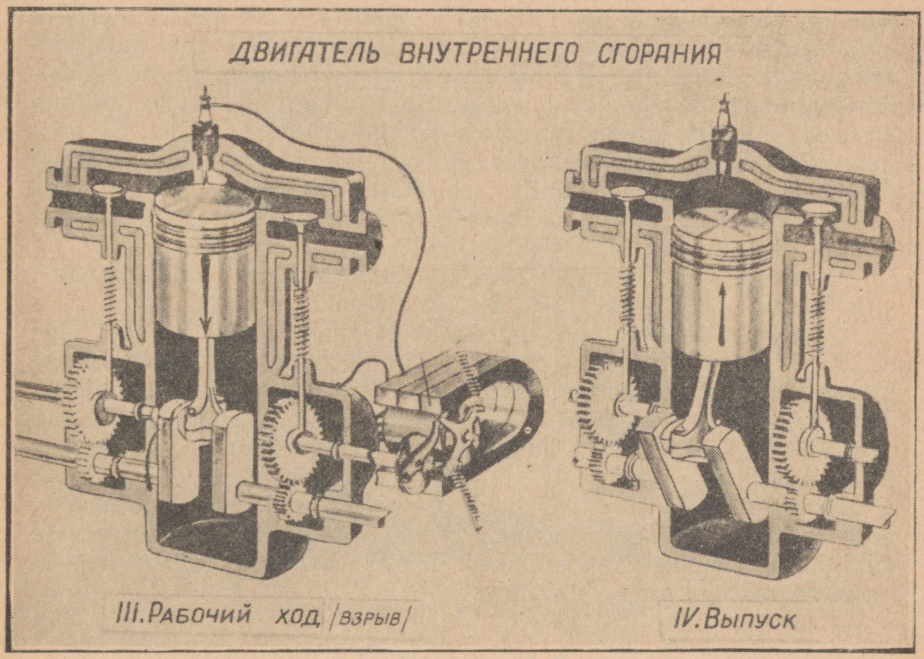


Joon. 37. Seinapilt: „Elektrienergia edasiandmine".



Joon. 38. Seinapilt: „Elektrienergia jaotamine".

soovitatav piltide kasutamisel, peale selle pildi, mida õpetaja kasutab seletusteks, paigutada klassi keskele veel teine pilt. Kõige soovitavam on ühe suure pildi tarvitamine seletuseks ja sama pildi paljude väiksemamõõduliste koopiate (piltpostkaartide) väljajagamine õpilastele. On võimalik kasutada ka ainult väljajagatavat materjali, tarvitades selleks fotokoopiaid, raamatu- ja ajakirja-jooniseid, samuti ka vastava sisuga piltpostkaarte. Niisuguste piltpostkaartide kogusid tuleb koostada aastast aastasse ja hoida neid füüsika-kabinetis.



Joon. 39. Seinapilt: „Sisepõlemismootori taktid" (töökäik, väljalase).

Piltidele tuleb teha tušiga või tindiga ühtsed tähised kasutamiseks seletustel.

Kuna värvilised pildid aja jooksul tugevasti riknevad ja luituvad, kui neid kauaks klassi välja riputada, siis tuleb neid näidata ainult vastava teema läbivõtmise ajal. Piltide paremaks säilitamiseks tuleb nad kleepida kalingurile või papile. Pilte hoitakse kahest vineertahvlist valmistatud mapis, mitte aga kokkukeeratult.

Seinapiltide hulka kuuluvad teadlaste ja leidurite p o r t r e e d. Mõnede tähtsamate teadlaste ja leidurite portreed, mis on varustatud nimede ja kronoloogiliste andmetega, olgu alaliselt klassi seintel. Niisuguste portreede hulka kuuluvad: Lomonossov, Galilei, Newton, Žukovski, Faraday, Popov, Jakobi, Jablotškov, Lodõgin, Lents jt. Kursuse vastavates kohtades tuleb näidata: Pascal'i, Guericke,

Gay-Lussack'i, Edisoni, Sillingi, Rihmani, Ohmi, Volta, Ampère'i jt. portreesid.

3. **Monteeringud.** Monteeringud on määratud õpilaste tutvustamiseks mitmesuguste tehniliste ehitistega ja masinate liikidega, transpordiga jne., aga ka meie sotsialistliku ülesehituse edusammudega.

Monteeringud koostatakse peamiselt ülesvõtetest, joonistest ja joonestustest, mis on välja lõigatud ajalehtedest, vanadest ajakirjadest, tarvitamiskõlbmatutest raamatutest jm., ja täiendatakse õpetaja ning õpilaste poolt tehtud joonistega. Kõik need materjalid valitakse vastavalt kindlale teemale, kleebitakse vajalikus korras paberile, kartongile või vineerile ja varustatakse lühikeste käsitsikirjutatud seletustega (vt. joon. 3). Monteeringute teemad on mitmekesised, sõltudes klassis tundmaõpitavate küsimuste sisust. Nii näiteks kõva keha rõhu küsimuse läbivõtmisel on kasulik koostada monteering: „Kuidas ja millest ehitatakse hooneid".

Vedeliku rõhk. Monteeringud: „Veealused tööd ja uurimised" (tuukritööd, kessoonid, batisfäär jne.).

Ujumine. Monteeringud: „Jõe- ja meretransport", „Sõjalaevad", „Erilaadsete Veealuste Tööde Ekspeditsioon".

Õhusõit. Monteeringud: „Õhusõidu ajalugu", „Dirižaablid" jne.

Eriti suure tähtsusega on monteeringud vajalike trükitud õppevahendite — piltide ja diapositiivide, seda enam aga raamatupiltide episkoobilise projitseerimise võimaluse puudumisel. Sel juhul nad muutuvad abivahendist, kuigi mitte kohustuslikust, vältimatuks õppevahendiks.

Monteeringute materjali tuleb õpetajal koguda sageli mitu aastat; õpetaja peab tegema endale kindlaks reegliks välja lõigata ja alal hoida jooniseid ajalehtedest ja tarvitamiskõlbmatuks muutuvaist raamatuist ning ajakirjadest.

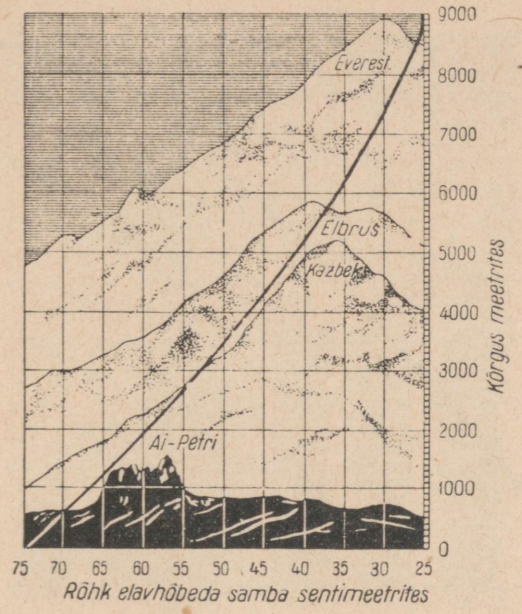
§ 20. Graafikud.

Graafikute ülesanne seitsmeklassilises koolis on kahesugune. Mõnel juhul on graafikutel puhtrakenduslik ülesanne, olles ette nähtud füüsikaliste suuruste kindlaksmääramiseks, millede leidmine tabelitest on tülikas, arvutamine valemite abil aga õpilastele võimatu. Näiteks kui õpilasel on vaja leida õhu rõhku antud kõrgusel või auru temperatuuri katlas kindlal rõhul, siis tuleb õpetada õpilastele vastavate graafikute kasutamist (joon. 40).

Mõnel teisel juhul aga annab graafiku valmistamine arvuliste andmete põhjal, mis iseloomustavad füüsikalist protsessi, õpilastele näitliku kujutluse selle protsessi funktsionaalsest olemusest. Niisugune graafikute rakendamine osutub väga kasulikuks näiteks järgmistel juhtudel: keha temperatuuri muutumine soojendamisel (joon. 41), sulamisel ja keemisel; elektrivoolu vahelduva pinge muutumine.

Lisaks sellele võimaldab graafiku valmistamine ja tundmaõppimine õpilasi mõningal määral ette valmistada funktsionaalse sõltuvuse mõistmiseks.

Graafikute valmistamise küsimust ja nende kasutamist ülesannete lahendamisel on vaadeldud § **37.** Siin aga on oluline märkida, et õpetaja peab kasutama aegsasti valmisjoonestatud graafikuid õppevahendina mõningate füüsika küsimuste seletamisel, millede hulka kuuluvad näiteks eespool loeteldud.



Joon. 40. Kunstiliselt kujundatud graafik: „Õhurõhu suuruse sõltuvus kõrgusest".

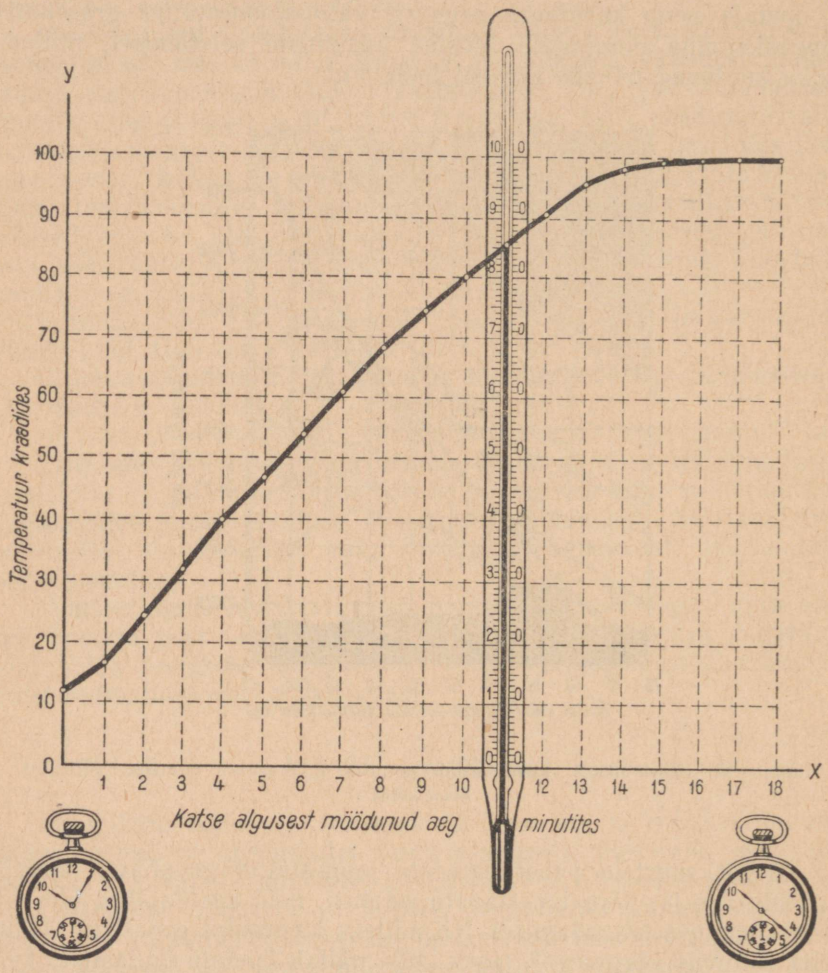
Küllalt suurtele paberilehtedele joonestatud graafikud õpetaja riputab üles ja, pärast vastavaid seletusi, neid kasutatakse ühe või teise küsimuse lahendamisel. Nii näiteks kasutades graafikut „Õhurõhu sõltuvus kõrgusest" (joon. 40), näitab õpetaja õpilastele, kuidas rakendada graafikut kõrguse määramiseks rõhu järgi ja rõhu leidmiseks kõrguse järgi. Graafikule tuleb anda võimalust mööda kunstiline kujundus, mis tunduval määral suurendab näitlikkust (joon. 40 ja 41).

Vaatamata sellele, et graafikute hulk, mida saab rakendada 6. ja 7. klassis, ei ole suur ja nende kasutamise ulatus on piiratud, tuleb nende kui funktsionaalsete sõltuvuste kujutuste kasutamiselevõtmisele ja tundmaõppimisele pöörata kõige tõsisemat tähelepanu.

Graafikute valmistamise ja kasutamise kohta vt. IV k., § 28.

Väga kasulikeks käsiraamatuiks graafikute küsimuse alal on järgmised:

Ф. Ауэрбах, Графические представления, Гиз, 1925.



Joon. 41. Kunstiliselt kujundatud graafik: „Vee temperatuuri muutumine soojendamisel kuni keemiseni".

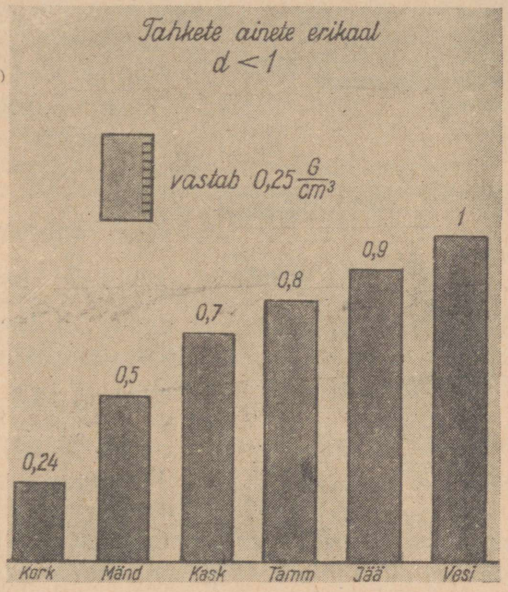
В. В. Добровольский, Графический метод в школе, Гиз, 1924.

А. В. Цингер, Графики физических законов и явлений (peatükk õpikust «Начальная физика»).

§ 21. Diagrammid.

Diagrammid annavad õpilastele näitliku kujutluse füüsikaliste suuruste vahekorrast, samuti soodustavad nende meelespidamist.

Mitmesuguseid füüsikalisi suurusi (näit. erikaal, rõhk, erisoojus, eritakistus) iseloomustavate arvuliste andmete teatamine õpilastele õpetaja poolt, seda enam aga nende ülesandmine iseseisvaks äraõppimiseks tabeli järgi, nagu näitavad kogemused, ei saavuta



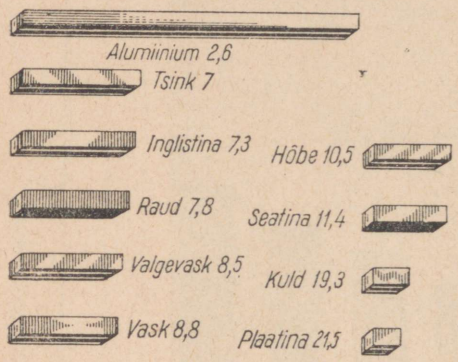
Joon. 42. Mõnede ainete erikaalude (e < 1) diagramm, mis on valmistatud õpilaste poolt.

tavaliselt oma eesmärki. Õpilased ei saa sealjuures kujutlust kõige olulisemast — nende suuruste vahekorrast, mis võimaldaks andmeid mõningal määral liigitada ja soodustaks nende füüsikalise tähtsuse avastamist.

Nii näiteks mitmesuguste ainete erikaalu suuruste tundmaõppimisel ei tule piirduda tavaliselt õpikuis toodud tabeli läbivaatamisega või isegi vastavate andmete väljakirjutamisega klassitahvlile. Numbrid jäävad sel juhul õpilastele „surnuteks" ega kajasta nende teadvuses oma „elavat" füüsikalist sisu. Selle vältimiseks peab õpetaja andma erikaalude võrdleva iseloomustuse, astudes sealjuures liigitamise teele. Vaadeldaval juhul on oluline märkida järgmisi asjaolusid:

1) Vee erikaal on $1\frac{G}{cm^3}$. On olemas aineid erikaaluga: väiksematega kui $1\frac{G}{cm^3}$ (nimetada ainult mõningaid, mis on õpilastele tingimata tuttavad — kork, puu, õli, petrooleum) (joon. 42) ja suurematega kui $1\frac{G}{cm^3}$ (kivi, fajanss, metallid — alumiinium, raud, vask).

2) Üheks väiksema erikaaluga („kergemaks") aineks on kork; suurema erikaaluga („raskemaks") aineks väärismetall plaatina.



Joon. 43. Mõnede metallide eriruumalade diagramm.

3) Enamikul õpilastele tuntud vedelike (piiritus, õli, petrooleum, tärpentiin) on erikaal väiksem kui $1\frac{G}{cm^3}$. On olemas vedelikke suurema erikaaluga kui $1\frac{G}{cm^3}$ (soolalahus vees, hape). Kõige raskem vedelik on elavhõbe, tema erikaal on $13{,}6\frac{G}{cm^3}$.

4) Metallid (loetelia tähtsamaid) on mitmesuguse erikaaluga, mis mõningatel juhtudel tugevasti erinevad üksteisest. Kõige väiksema erikaaluga metall on alumiinium, kõige suurema erikaaluga — hõbe, kuld, volfram, plaatina, iriidium, osmium.

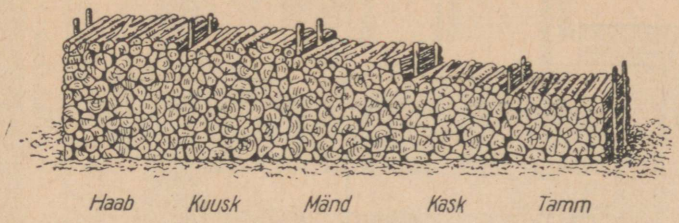
On ilmne, et selletaoline iseloomustus nõuab laste poolt tundu-vat vaimset pingutust. Seepärast muutub õpetaja töö kergemaks, kui ta pöördub sealjuures suuruste näitliku kujutamise — s. o. diagrammide poole.

Peale erikaalude diagrammi on oluline ka eriruumalade diagrammi kasutamine (joon. 43).

Kuna aja puudusel on diagrammide joonestamine tunni ajal võimatu, siis võib seda anda õpilastele koduseks tööks ülesannete näol (1—2 diagrammi õpilase kohta) (joon. 42). Diagramme tuleb kasutada kõikidel neil juhtudel, kui toimub õpilaste tutvustamine t a b e l i andmetega (vt. §§ **52** — **111**). Harilikult kasutatakse enam levinumat diagrammi tüüpi, milledes suurusi iseloomustavad ühesuguste alustega r i s t k ü l i k u t e k õ r g u s e d. Nähtavuse tagamiseks tehakse diagrammid suurele valgele paberile; ristkülikud

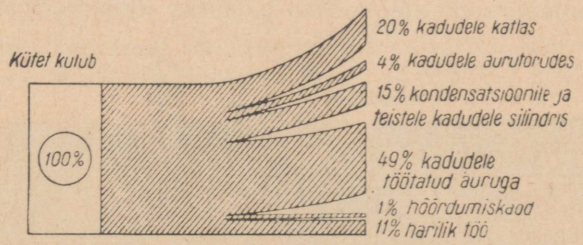
värvitakse erivärviliselt või lõigatakse värvilisest paberist; pealkirjad tehakse küllalt suured. Kui on võimalusi, siis tuleb diagrammid kujundada kunstiliselt (joon. 44).[1]

Teistsuguseks diagrammide tüübiks, mis on väga vajalikud, on p a e l d i a g r a m m i d, mida kasutatakse näiteks masinate kasu-



Joon. 44. Kunstilise kujundusega diagramm: „Puude kogused (ruumalad), mis ärapõlemisel annavad ühesuguse soojushulga".

teguri käsitlemisel. Paela kogulaius vastab energia 100%-le; tema hargnevate osade laius aga vastab ebatootlike kadude suurustele, nagu see on kujutatud joonisel 45. Diagrammi näitlikkus suureneb

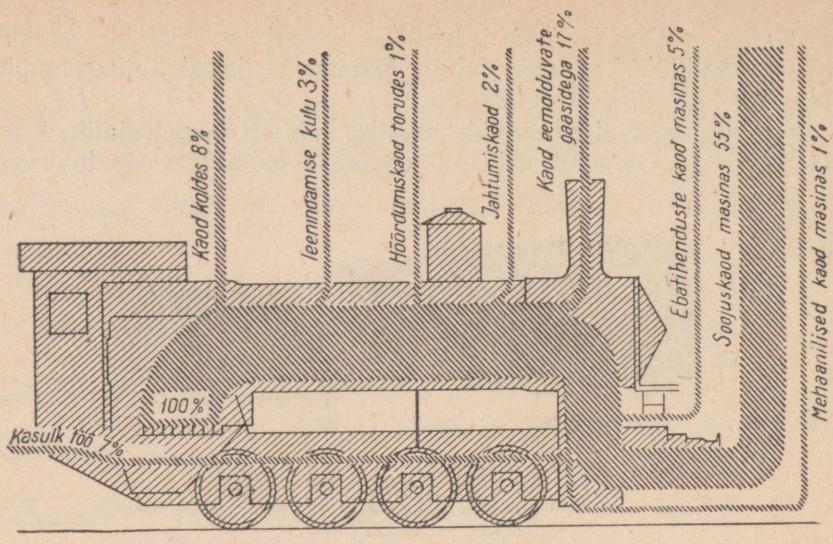


Joon. 45. Diagramm: „Aurumasina kasutegur".

eriti, kui teda kujundada kunstiliselt, näiteks sarnaselt joonisel 46 kujutatuga. Paeldiagrammide asemel võib kasutada ka s e k t o r d i a g r a m m e, milledes suurusi iseloomustatakse ringjoone kaarte pikkustega, kesknurkadega (kraadides) või sektorite pindaladega (joon. 47).

---

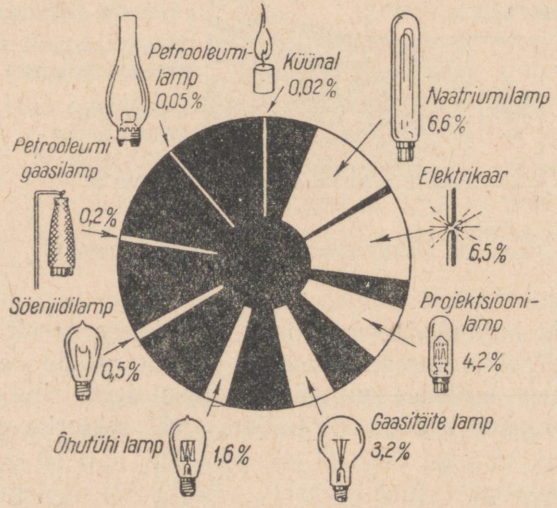
[1] Jooniseid 44—47 tuleb vaadelda kujunduse näidistena; seitsmeklassilises koolis tuleb kasutada lihtsamaid andmeid.



Joon. 46. Diagramm: „Veduri kasutegur".

§ 22. Diapositiivid ja episkoobiline projitseerimine.

1) Diaskoobiline projitseerimine. Diapositiivid valmistatakse klaasile või filmile ja on projitseerimiseks ekraanile projektsiooniaparaadi abil.[1] Sellekohaseks illustreerivaks materja-

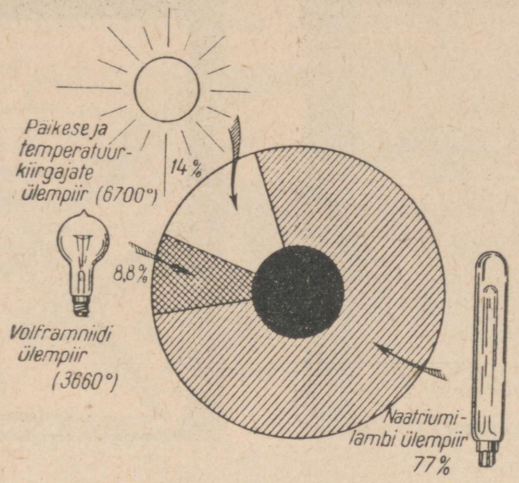


Joon. 47-I. Diagramm: „Valgusallikate kasutegur".

[1] Demonstreerimise tehnika kohta vt. II k., §§ 13 ja 21.

liks on: teadlaste portreed, tehniliste seadmete ning masinate fotod, ajaloolised pildid, masinate ehitust selgitavad joonised ning pildid, igat liiki graafikud ja diagrammid.

Diapositiivide (joon. 48—50) kasutamise eelis, võrreldes seinapiltidega, on selles, et võime saada küllalt s u u r e m õ õ d u l i s e



Joon. 47-II. Valgusallikate kasuteguri ülempiiri diagramm.

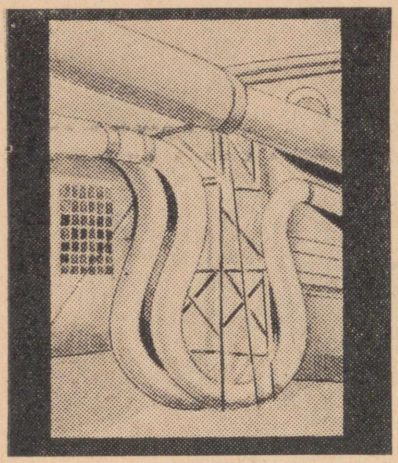
kujutise ning seepärast on tagatud n ä h t a v u s eranditult klassi k õ i k i d e l e õpilastele. Peale selle on seinapildid koolile peaaegu



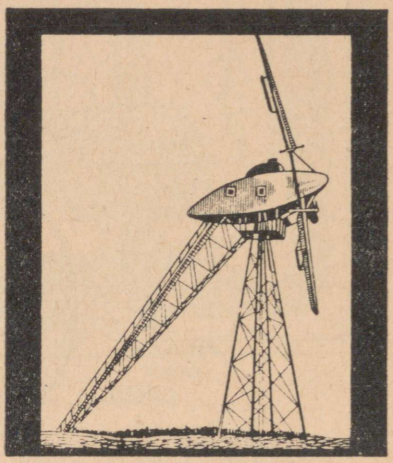
Joon. 48. Foto järgi valmistatud tooniline (must-valge) diapositiiv (jäämägi).

harulduseks, sest kirjastused annavad neid seni välja mitteküllaldasel hulgal.

Diapositiivid tulevad müügile kogumikena kindlatele teemadele; on kogusid, mis on valitud 6. ja 7. klassi jaoks.

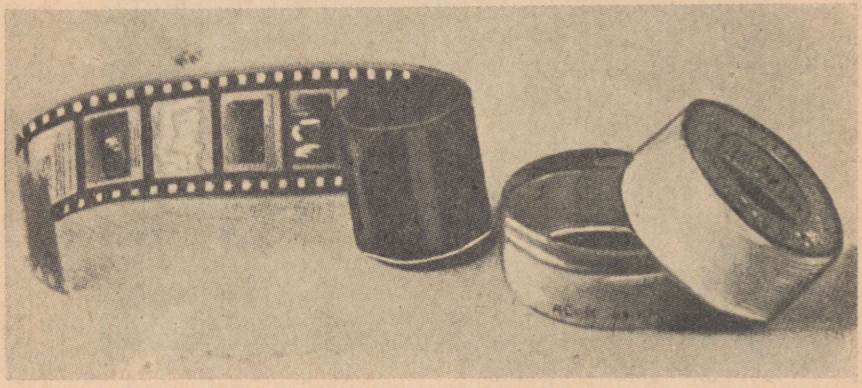


Joon. 49. Raamatu pildist fotografeerimise teel valmistatud tooniline diapositiiv (kompensaator aurujuhtmeis). Projitseerimisel ekraanile tuleb nähtavale joonvõrk (raster) (vt. joon. 52-II).



Joon. 50. Joon-diapositiiv (tuuleturbiin võimsusega 150 kW Balaklavas). Projitseerimisel muutuvad selgesti nähtavaks joonise üksikud kriipsud (vt. joon. 52-I).

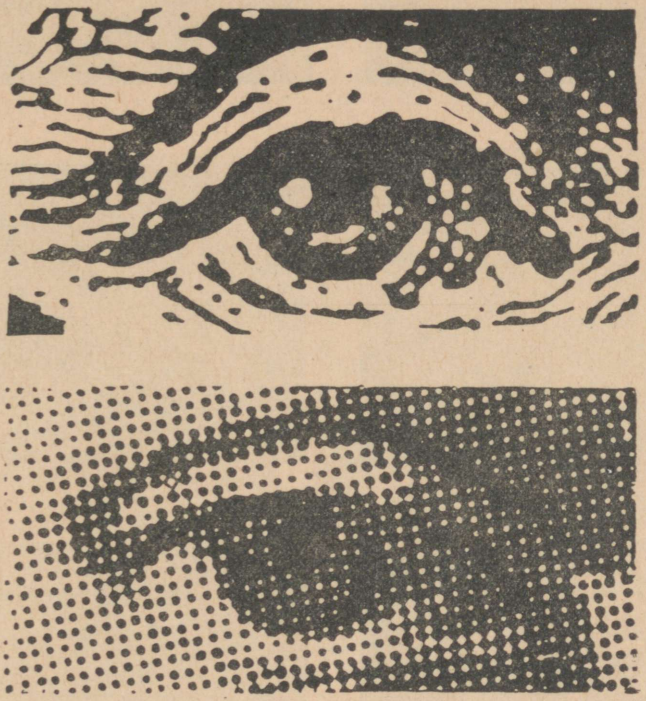
Kõige sobivamad hoidmiseks ja hinnalt odavad on diapositiivid, mis on võetud kinofilmile (joon. 51). Kõige vajalikumate diapositiivide temaatika on näidatud metoodiliste juhendite vastavates jagudes.



Joon. 51. Diapositiivid kinofilmil.

Diapositiivide kasutamise suuremaks puuduseks on klassi pimendamise vajadus.

2) Raamatutest ja ajakirjadest piltide episkoobilisel projitseerimisel on see ainus eelis, võrreldes diaskoobilise projitseerimisega, et tarvilikke pilte on kergem leida kui vajalikke diapositiive. Episkoobilise projektsiooni olulised puudused, võrreldes diaskoobilisega, on järgmised: väiksema suurenduse ja ekraani



I

II

Joon. 52-I ja II. Vaade ekraanile, millele on projitseeritud raamatu trükipildi fotografeerimise teel valmistatud diapositiivi osad:
I — joonklišee äratõmbest ja II — võrkklišee äratõmbest.

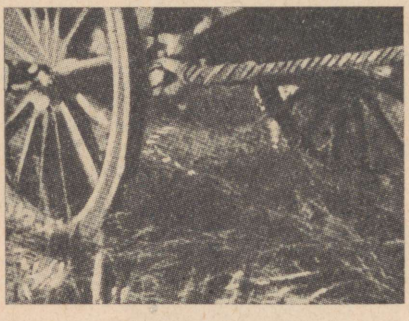
nõrgema valgustuse saamine, jämedate võrgujoonte ehk rastri (s. o. joonist moodustavate punktide võrgu, mis on harilikult märkamatud joonise vaatlemisel palja silmaga) ilmumine ekraanile (joon. 52, I ja II); vajadus kasutada elektri valgustusallikat ja head optikat (vt. II k., §§ **13**, 4 ja **22**).

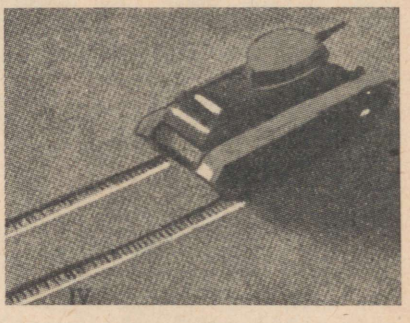
§ 23. Kino.

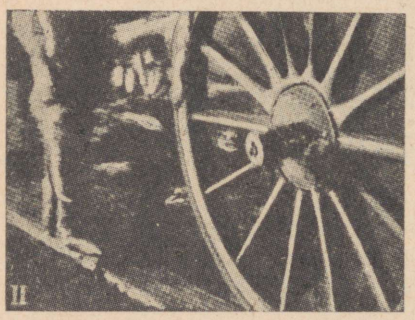
1. Kino tähtsus. Näitlike õppevahendite kõikidest liikidest on kinofilm kõige väärtuslikum, sest ta võimaldab, erinevalt fotodest, piltidest, diapositiividest, episkoobilistest projektsioonidest

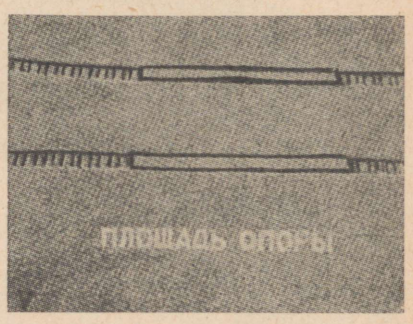










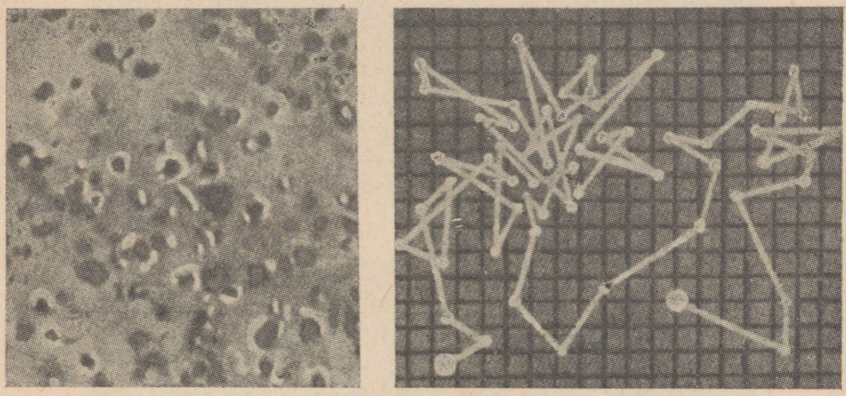


Joon. 53. Üksikpilte filmist „Kaal ja rõhk" koos ülesvõtetega tõelikkusest.
I — kahuri ratas vajub sohu;
II — ratta alla pandud laud takistab vajumist;
III — „sookingad" sõduri jalas liikumisel sood mööda,
IV — tanki liikumine ajuliival;
V — jälg, mille tank on jätnud liikumisel liival; roomikute toetuspinna kujutus.

jm., reprodutseerida nähtuste ja mehhanismide töö kujutusi, aga ka tegeliku elu pilte nende dünaamikas, s. o. liikumisel.

Tõepoolest, mainitud õppevahendite kõik liigid, välja arvatud kinofilmid ja töötavad mudelid, annavad ainult nähtuse staatika

kujutusi; kujutluse loomiseks liikumisest või protsessist aga tuleb abiks võtta nende protsesside üksikute üksteisele järgnevate faaside kujutamist. Nii kasutatakse sisepõlemismootori töö seletamiseks nelja pilti (vt. joon. 39); aurujagamis-mehhanismi töö puhul — kaht pilti; pumba töö korral — nelja pilti jne. Vaatamata mitme pildi kasutamisele, on protsessist õigete ja küllalt täielike kujutluste loomine nende järgi siiski vähe jõukohane seitsmeklassilise kooli õpilastele. Kinofilmide, s. o. liikuvate kujutuste kasutamine aga lahendab selle ülesande tunduvalt kergemini. Sellele aitab palju kaasa kinodemonstratsioonidele omane i l m e k u s, samuti ka see kõrgendatud huvi, mida täheldame õpilastel kinofilmide tunduva e m o t s i o n a a l s e m õ j u t u s e tõttu.



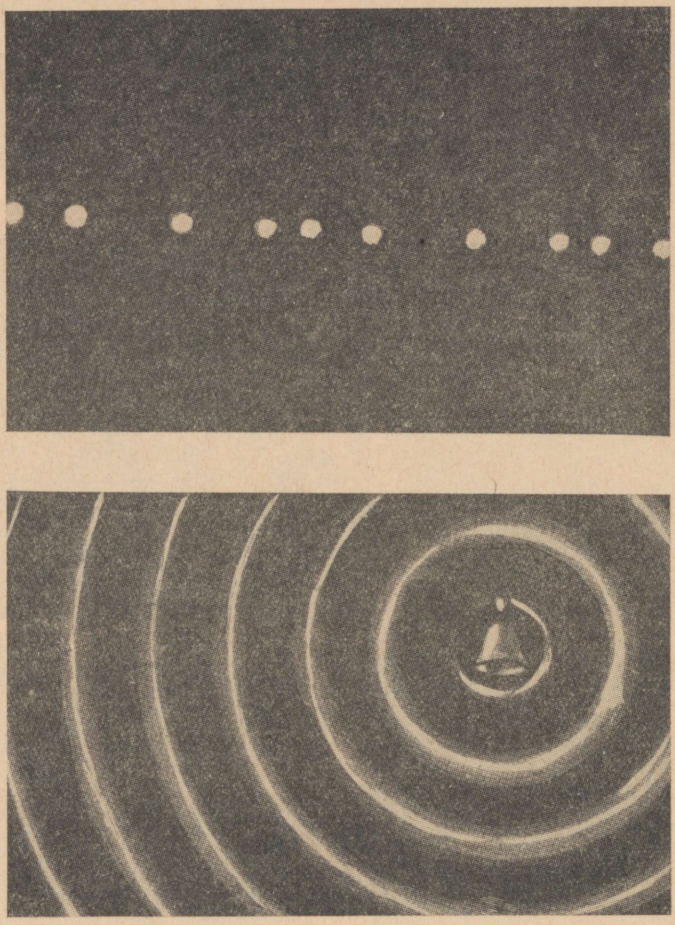
I II

Joon. 54-I ja II. Üksikpildid filmist: „Brown'i liikumine".
I — osakeste välimus mikroskoobi all;
II — osakeste liikumise trajektoorid Brown'i liikumisel.

Tõelikkusest tehtud ülesvõtteis näitab kino kas mõne tundmaõpitava objekti (dirižaabli või lennuki lend, osakeste edasiliikumine Brown'i liikumises, tuukri laskumine jm.) l i i k u m i s t, või siis liikumatut objekti kõige mitmekesisemaist vaatekohtadest, mis teinekord on täiesti k ä t t e s a a m a t u d tavalisele vaatlejale (tuuker vee all, ülesvõtted lennukilt jms.). On iseendast mõistetav, et niisugused demonstratsioonid annavad objektist palju parema ja täielikuma kujutluse kui tavaliste piltide vaatlemine (joon. 53).

Tõelikkusest tehtud ülesvõtteis on kino käsutuses kaks tähtsat võimalust ja nimelt: 1) m i k r o ü l e s v õ t t e d, mis võimaldavad saada esemest tugevasti suurendatud kujutusi — Brown'i liikumine (joon. 54), kristallide kasvamine, ja 2) a e g l u u p, mis võimaldab näidata liikumist kiirendatud või ümberpöördult — aeglustatud tempos. Näideteks liikumise aeglustamise tähtsuse kohta võivad olla heliseva helihargi harude liikumine ja teised kiired võnkumisprotsessid; aurumulli tekkimine keemisel ja tema ruumala kasv liiku-

misel vedeliku pinna poole jt. Liikumise kiirendamist vajavad kristalli kasvamise jm. nähtused. Kuid peale looduses tõeliselt toimuvate nähtuste ja mitmesuguste tehniliste objektide ülesvõtete demonstreerimise on kinofilm võimsaks vahendiks skemaatiliste protsesside



Joon. 55. Üksikpildid multiplikatsioonfilmidest (I — pikivõnkumised; II — helilained).

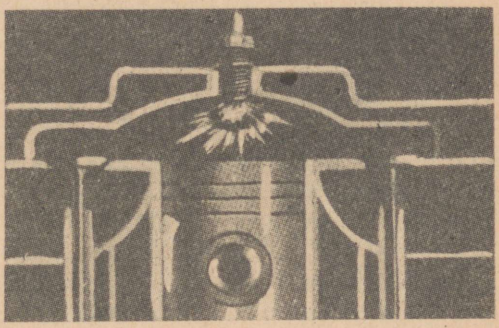
dünaamika näitamisel nende põhimõttelise külje selgitamiseks. Jooniseid nimetatakse sel korral multiplikatsioonjoonisteks (joon. 55). Neid valmistatakse kunstniku joonistatud piltidest (skeemidest) või mudelitest (makettidest), mis erinevad üksteisest mõningate muudatustega kogu tervikobjekti või tema üksikosade asendis ja vastavad demonstreeritava liikumise järkjärgulistele faasidele.

Enamik olemasolevaid õppefilme sisaldab nii ülesvõtteid tõelikkusest kui ka multiplikatsioonülesvõtteid; esimesed näitavad objekti välisest küljest, teised on mingi mehhanismi tegevusprintsiibi selgitamiseks või tekitavad sama sihiga nähtuse skemaatilisel kujul, sealjuures mõnikord muudetud tempos (joon. 56).

Kinoprojektsioon j ä ä b oma tähtsuselt a l l a nähtuse vaatlusele tõelikkuses või objekti enda vahetule vaatlusele õpilaste poolt. Tõelikkuse vaatlus aga ei kõrvalda sageli, vaid isegi v a j a b kinofilmi kasutamist tundmaõpitava protsessi täielikuks selgitamiseks.

2. Kinofilmide liigid ja loetelu. Kinofilme võib jaotada kaheks põhirühmaks: temaatilised ja lühifilmid (illustratsioonfilmid).

T e m a a t i l i s t e s filmides püütakse selgitada ühte või teist küsimust või teemat t e r v i k u n a, võttes abiks mitmesuguseid viise, andes sealhulgas liikuvate piltide kõrval ka fotode ning mudelite liikumatuid kujutlusi. Peale selle esitatakse neis filmides teinekord ka selliseid k a t s e i d, mida õpetaja võib näidata tunnis tõelikult. Küsimusest ammendava kujutluse andmise püüe viib harilikult temaatilise filmi ü l e k o o r m a m i s e l e materjaliga, mis on kas täiesti ülearune või dubleerib õpetaja poolt juba antud seletusi ja demonstratsioone.



Joon. 56. Üksikpilt filmist „Sisepõlemismootor".

Temaatilistele filmidele on iseloomulik võrdlemisi suur ulatus ja ühe niisuguse filmi demonstreerimine täidab teinekord kogu tunni tervikuna. Seega on enamik temaatilisi filme sobivamad koolivälise hariduse või klassivälise töö alal kui kasutamiseks tundides (kärbeteta).

Laenutamisel olevaist filmidest väärivad suuremat tähelepanu järgmised: 1) «Вес и давление» (305 m, 13 min.). 2) «Давление создаваемое весом жидкости» (226 m, 10 min.). 3) «Сообщающиеся сосуды» (312 m, 13 min.). 4) «На воде и под водой». 5) «Паровая машина» (415 m, 20 min.). 6) «Паровоз» (412 m, 20 min.). 7) «Гром и молния». 8) «Электрический ток» (220 m, 10 min.). 9) «Электролиз» (203 m, 10 min.). 10) «Переход механической энергии в электрическую». 11) «Переход электрической энергии в механическую». 12) «Двигатели внутреннего сгорания» (335 m, 15 min.). 13) «Броуновское движение» (243 m, 11 min.). 14) «Природа звука» (646 m, 32 min.).[1]

[1] Sulgudes on näidatud filmide metraaž ja demonstreerimiseks vajalik aeg.

L ü h i f i l m i d on ette nähtud kasutamiseks illustratsioonidena tunnis õpetaja jutustuse juurde: ülesvõtted tegelikkusest (dirižaabel, tank, aurumasin, aurulaev, kahur, prožektor jms.) või mingite üksikute eriküsimuste (multiplikatsioonid: pumba töö, auru jaotamise mehhanism, ioonide liikumine jms.) selgitamiseks. Illustratsioonfilmidele on iseloomulik väga väike ulatus; selliste filmide pikkus on 2—3 kuni 15—20 m [1], mis vastab nende demonstreerimise ajale mõnest sekundist kuni ühe minutini. Illustratsioonfilmid kleebitakse teinekord kokku rõngaks, mis võimaldab korrata tema demonstreerimist mistahes arv korda filmi tagasi keeramata. Seepärast nimetatakse niisuguseid filme teinekord r õ n g a s f i l m i d e k s.

3. Kino kasutamise metoodika. Kinofilmi näitamine, olles üheks näitlikkustamise viisiks, on ainult v a h e n d i k s ühe või teise füüsika küsimuse või tema tehnikasse rakendamise selgitamiseks ja peab seepärast olema t ä i e l i k u l t a l l u t a t u d t u n n i p e d a g o o g i l i s e l e p r o t s e s s i l e, m i t t e a g a t e d a m ä ä r a m a j a v e e l v ä h e m t e d a s u u n a m a. Sel põhjusel ei tarvitse kasutusele võtta erilist oskussõna „kinotund", mõistes sellega mingeid eri meetodeid selle korraldamiseks; võib kõnelda ainult kino kasutamisest tunnis. Kino kasutamine aga, samuti kui kestev ülesannete lahendamine, laboratoorsed tööd jm., annab õppeprotsessi ülesehitusele teatava eri värvingu. Seepärast, nagu diapositiivide või piltide ja katsete demonstreerimine ei määra tunni metoodikat, vaid on alluvad sellele, nõnda peab ka kino esinema p u h t t e e n i s t u s l i k u s osas ja täielikus kooskõlas õppetöö e e s m ä r g i g a.

Enamik temaatilisi filme on üles ehitatud nagu eeldusel, et õpetaja puudub, ja filmi autor hoolitseb selle eest, et ühe kinofilmi vahenditega küsimus selgitatakse tervikuna. Tunni ajal temaatilist filmi tervikuna näitav õpetaja peab tahes-tahtmata alluma temale küsimuse käsitlemiseks pealesunnitud metoodikale, mis teinekord on koolile vastuvõetamatu. Küsimuse täieliku ja igakülgse valgustamise tagaajamine viib aga selleni, et temaatiline film tihti muutub ülekoormatuks peensustega, mis on tähtsusetud küsimuse käsitlemisel koolis ega oma pealegi teinekord otsest suhetki sellega. Kooli tingimustes aga on sõna tõsises mõttes kallis õppetunni i g a m i n u t, ja seepärast tuleb demonstreerida ainult seda materjali, mis on tõesti v a j a l i k.

Kinofilmi kasutamisel tunnis tuleb eelkõige juhinduda järgmistest juhtmõtetest:

1) Kogu t e m a a t i l i s e filmi demonstreerimine tunnis r i k u b enamasti tunni normaalset ülesehitust. Seepärast on soovitav, et filmist oleks aegsasti „valitud" ja n ä i d a t u d ainult tõesti vaja-

[1] 22 m filmi demonstreerimiseks kulub 1 min.

likud fragmendid (katked).[1] Tervikuna võib filmi vaadata teema kordamisel või klassiväliste tööde ajal.

2) Lühifilmid, mis on pühendatud üksikutele küsimustele, on kasutamiseks kõige kohasemad ja sobivamad. Nende filmide tunnis demonstreeritav hulk ja valik on sõltuv õpetajast, ja nende sissetoomine ei riku tunni teema käsitlemise metoodikat.

3) Valitud katkendeid või lühifilme ei tule demonstreerida järgemööda, kartes ebamugavust, mis tekib üleminekul ruumi pimendamiselt „valgusele" ja tagasi. Katkendit tuleb näidata just selajal, kui ta on vajalik jooksva küsimuse selgitamiseks. Kui järgneva katkendi demonstratsiooni eel on vajalikud õpetaja seletused, õpilaste kontrollküsitlemine või katsete demonstreerimine jms., siis tuleb tunni normaalse käigu tagamiseks lõpetada kinoprojektsioon. Täpselt samuti ei tule näidata kõiki vajalikke katseid järgemööda selle arvestusega, et hiljem anda neile seletusi.

4) Kinofilmi demonstreerimine peab kaasnema õpetaja vastavate seletustega. Kui katkend on mingi protsessi seletamiseks, siis, seletust hoopiski lühendamata, tuleb film seisma jätta vajalikul üksikpildil, vajaduse korral isegi korrata demonstreerimist.

Teise demonstreerimise eel ja selle ajal tuleb alla kriipsutada kõige olulisemat, millele peab koonduma õpilaste tähelepanu.

Kinofilmide kasutamine on võimalik peaaegu igas füüsika tunnis, sest alati leidub üks või teine küsimus, mille selgitamisel kinofilm osutub kasulikuks, kuid kino tarvitamine peab jääma mõistlikkuse piiridesse. Kino, äratades õpilastes suurt huvi ja elavat reageerimist, võib kogenematu õpetaja kaasa tõmmata tundide ülekoormamisele kinoprojektsioonidega teiste näitlike õppevahendite ja katsete ning laboratoorsete tööde vähendamise arvel, mis on lubamatu.

Kinoprojektsiooni vajavate puhtfüüsikaliste küsimuste loetelu on võrdlemisi väike, sest mingil määral ei tohi loobuda füüsikaliste nähtuste katsete näol jäljendamisest, asendades tõelist reaalset nähtust tema kujutuste kinoprojekteerimisega, kuigi see on ülesvõetud tõelikkusest. Kõike seda, mida võimalik, tuleb näidata katsetega, mitte aga mingil teisel viisil, sealhulgas ka mitte kino vahenditega.

Kinofilmide kasutamine füüsika küsimustes on vajalik järgnevatel juhtudel:

1) Tundmaõpitava füüsikalise nähtuse otsene vaatlemine on ühel või teisel põhjusel võimatu.

Niisuguste nähtuste hulka kuuluvad mõned loomulikes tingimustes — looduses — kulgevad nähtused. Peale selle kuuluvad nende hulka füüsikalised nähtused, mis vajavad vaatluseks teatavaid tingimusi ja olukorda. Nii näiteks liikumise suhtelisuse mõiste

[1] Selle nõude täitmiseks pole tarvidust lõigata filmi osadeks. Kooli kinoaparaadi suur täiuslikkus, mis omab peale otse- veel tagasikäiku, võimaldab demonstreerida filmi katkeid mistahes järjestuses ja mistahes arv kordi.

võib tuletada rongi, paadi, parve jms. liikumise vaatlustest, nagu see on suurepäraselt näidatud filmis „Relatiivne liikumine". Vajalike filmide konkreetsed näited on toodud metoodilistes juhendites.

2) Füüsikalist nähtust ei saa esile tuua, sest vastav aparatuur on kättesaamatu masskoolile. Nii näiteks Brown'i liikumise demonstreerimine nõuab mikroprojektsiooni ja hea mikroskoobi kasutamist (joon. 54).

Klassivälistel töödel katsete demonstreerimine vedela õhuga on võimalik ainult väga vähestes koolides, sedagi vaid suuremates tööstuskeskustes, ja seepärast on vastava filmi kasutamine vajalik.

3) Tegelikkusest esiletoodav füüsikaline nähtus vajab oma näitamisel protsessi tempo kiirendamist või aeglustamist ajas, s. o. „aegluubi" kasutamist kinos. Aja aeglustust vajavate tähtsate nähtuste hulka kuuluvad näiteks: aurumullide tekkimine vedeliku keemisel, materjalide deformatsioonid ja purunemised jõu mõjul.

4) Toimuvä füüsikalise protsessi olemusest arusaamiseks on vajalik nähtuse dünaamika näitamine skemaatilisel kujul. Neil juhtudel tarvitatakse multiplikatsioonfilme (joon. 55). Antud juhul võivad näidetena olla: molekuli ja aatomi ehitus, elektrivoolu liikumine juhtmetes; elektrolüüsi nähtused jms.

Konkreetsete juhtude näited, millede puhul füüsika õppimine vajab kinofilmide kasutamist, on toodud vastavates metoodilistes juhendites, samuti ka klassivälise töö küsimuse vaatlemisel (§ 49, 2).

Seega ei ole kino kasutamise ulatus puhtfüüsikaliste küsimuste käsitlemisel kuigi suur. Kinoprojektsiooni vajavate tehniliste objektide ja mõningate tootmisprotsesside hulk aga on üsna suur.

On üldiselt kohustuslik illustreerida füüsika rakendamist tehnikas, tutvustades õpilasi mitmesuguste tehniliste objektidega, mõningate tootmisprotsessidega, jõuseadmetega jms.

Ekskursioonid suurtesse elektrijaamadesse, tehaste kuumadesse tsehhidesse jm. ei ole lubatavad täiesti arusaadavail põhjustel. Kuna pole aga võimalik loobuda selletaolisest illustreerivast materjalist, siis kasutataksegi kino abi. Ekskursioon mingi objekti vaatlemiseks ei kõrvalda tavaliselt kino kasutamist samas küsimuses, sest kino soodustab küsimuse täielikumat ja sügavamat valgustamist ning tundmaõppimist. Tõepoolest, kinos on võimalus näidata objekti mitmesugustelt vaatekohtadelt, mis teinekord on kättesaamatud vaatlemisel, ja heita pilku töötava masina sisemusse. Kuna harva esineb õppetunde, mis ei sisalda tehniliste objektide mainimist, siis normaalsetes tingimustes, eriti seitsmeklassilises koolis, peab lühifilmide projitseerimine saama igapäevaseks nähtuseks.

Kui kinofilmide demonstratsioonid on suure tähtsusega isegi linnaõpilastele, siis eriti tähtis on nende osa m a a k o o l i s, kui ilmneb, et õpilased ei ole näinud raudteed, trammi, lennukit jm., rääkimata juba mingisugustest võrdlemisi ulatuslikest tootmise protsessidest.

Peale tõelikkusest tehtud objektide ülesvõtete soodustavad mõnede võrdlemisi keerukate mehhanismide multiplikatsioonkujutused, nagu näitab praktika, paremat arusaamist nende mehhanismide tööprintsiibist. Seepärast tuleb multiplikatsioonfilmide kasutamisele, kui väga efektiivsele vahendile mitmesuguste mehhanismide tegevuse seletamisel, pöörata tehnika küsimuste käsitlemisel erilist tähelepanu.

Lühifilmide soovitav temaatika tehnika [1] küsimuste alalt on toodud vastavates metoodilistes juhendites.

Lõpuks tuleb veel kord alla kriipsutada kahte olulist põhimõtet:

1) Kinol ei saa ega tohigi olla m ä ä r a v a t mõju ei tunni sisule ega tema läbiviimise metoodikale, sest ta pole muud midagi kui ü k s näitlike õppevahendite l i i k e.

2) Kino kasutamisel tuleb rangelt p i i r a t a t e m a d e m o n s t r e e r i m i s e a e g a. Ei saa olla juttu kino kasulikkusest, kui tema demonstreerimised lühendavad aega, mis plaani järgi on ette nähtud kordamisküsimustele, ülesannete lahendamisele, laboratoorsetele töödele ja katsetele.

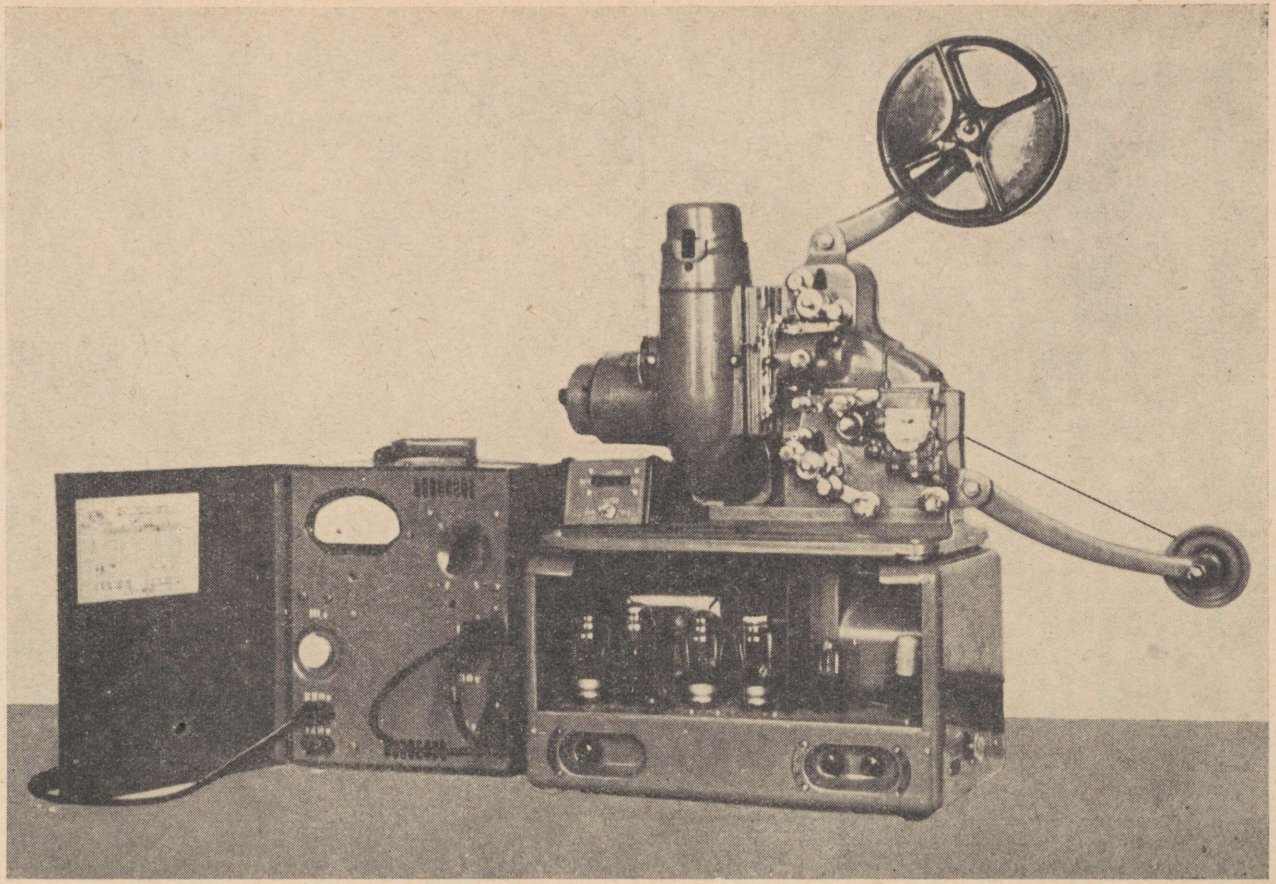
4. Ettevalmistus kinoprojektsiooniks. Kinoprojektsiooni kasutamise edukus sõltub eelkõige vastavate katkendite õigest valikust olemasolevaist koolifilmidest.

Esialgne tutvumine kinofilmi sisuga on võimalik nn. monteerimislehe järgi, mida saadakse filmide laenutamise baasist. Seejärel peab õpetaja enda jaoks kogu filmi projitseerima vajalike katkendite v a l i k u ja t u n d m a õ p p i m i s e otstarbel. Need katkendid vaadatakse õpetaja poolt uuesti hoolikalt läbi, selleks et selgitada, missuguses j ä r j e k o r r a s ja mis momendil tunnis neid tuua õppeprotsessi, nii et nad oleksid tervikuga orgaaniliselt seotud. Lõpuks tehakse kindlaks a e g, mis on vajalik katkendite demonstreerimiseks, ja kavandatakse need s e l e t u s e d, mida tuleb anda enne kino demonstreerimist, selle ajal ja pärast seda. Ühte või teist küsimust tervikuna hõlmavate temaatiliste filmide kasutamise aeg ja koht tööplaanis plaanitakse õpetaja poolt kalendrilise plaani koostamisel.

Kinoprojitseerimise alatine kasutamine nõuab kooli kinoprojektsiooniaparaadi alalise või kergesti monteeritava aparaadi ülesseadmist klassis. Peale selle peab õpetaja t ä i u s l i k u l t

---

[1] Kahjuks ei ole lühifilmide väljaandmisele füüsika ja tehnika küsimuste alalt pööratud peaaegu mingit tähelepanu. Seepärast on nende väljaandmine olnud mitte ainult süsteemitu, vaid ka juhuslik — on valitud sobivaid katkendeid mitmesugustest kunstilistest filmidest ja kroonikatest.



Joon. 57. Kooli helifilmi kinoprojektsiooniaparaat.

omandama kinoprojitseerimise t e h n i k a, selleks et osata, temaatilist filmi tükkideks lõikamata, ülearuse ajakaotuseta, demonstreerida vaid vajalikke katkendeid filmist. Ainult sel tingimusel on võimalik filmi õige kasutamine, mis nõuab kord katkendi seismajätmist [1], kord tagasipöördumist ja kordamist, ilma mittevajatavaid osi ekraanile projitseerimata. Eriti laialdased võimalused avanevad helirändkino kasutamisel.

5. Kirjandus.

«Кино в работе школ». Под ред. Арнаутова, Управление школ министерства просвещения, Учпедгиз, 1947.

Artiklid ajakirjas «Физика в средней школе»:

Сопотов, Об использовании кино на уроках физики, 1938, № 2.

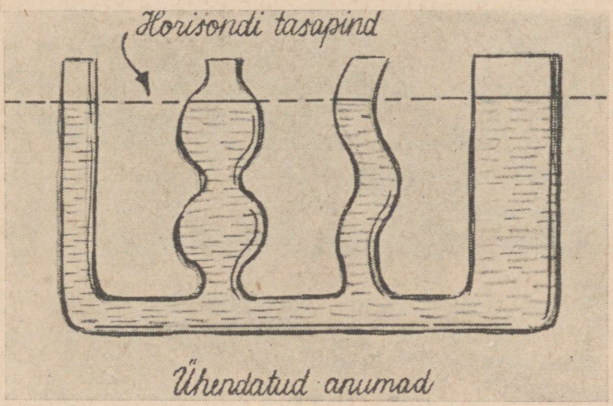
Сапрыкин, Применение кино на уроках физики в средней школе, 1941, № 2.

KUUES PEATÜKK.

JOONISTAMINE JA JOONESTAMINE FÜÜSIKA TUNDIDES.

§ 24. Jooniste tähtsus.

Jooniste ja joonestuste kasutamine seletustel, kui terve rea teaduste õpetamise üks vahendeid, on niivõrd üldtunnustatud ja üldtuntud, et ei ole mingit vajadust tuua mistahes põhjendusi selle

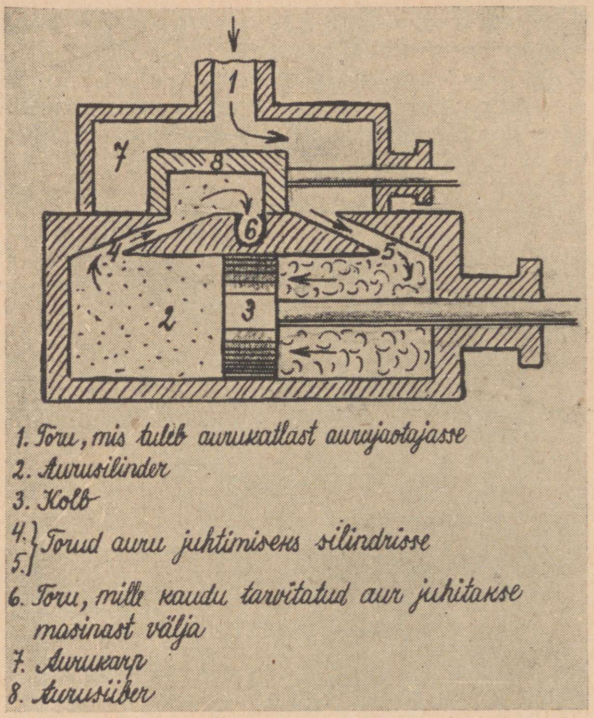


Joon. 58-I. Õpilase joonis: „Ühendatud anumad".

vahendi kasuks. *Niisugune füüsika õpetamine, millega ei käi süstemaatiliselt kaasas selgitavad joonised ja joonestused, on täiesti mõeldamatu,* samuti nagu on võimatu näiteks geomeetria õppimine jooniseid kasutamata.

[1] Seismajätmised on võimalikud filmi rikkumata või reostaati hävitamata ainult mõnede kinoaparaatide juures.

Füüsika õpetamisel õpitakse tundma füüsikalisi nähtusi, samuti ka seda aparatuuri ja riistu, millede abil neid nähtusi vaadeldakse või esile kutsutakse. Neid nähtusi ja aparaate tunnetatakse nägemistaju abil ja peaaegu kunagi pole võimalik neid kirjeldada ainult sõnadega. Mõningatel juhtudel on inimese s õ n a täiesti jõuetu, selleks et anda objekti või nähtuse mõistet. Kujutlus nähtustest võib tekkida ainult n ä g e m i s t a j u m u s e l, s. o. kui õpilased näe-

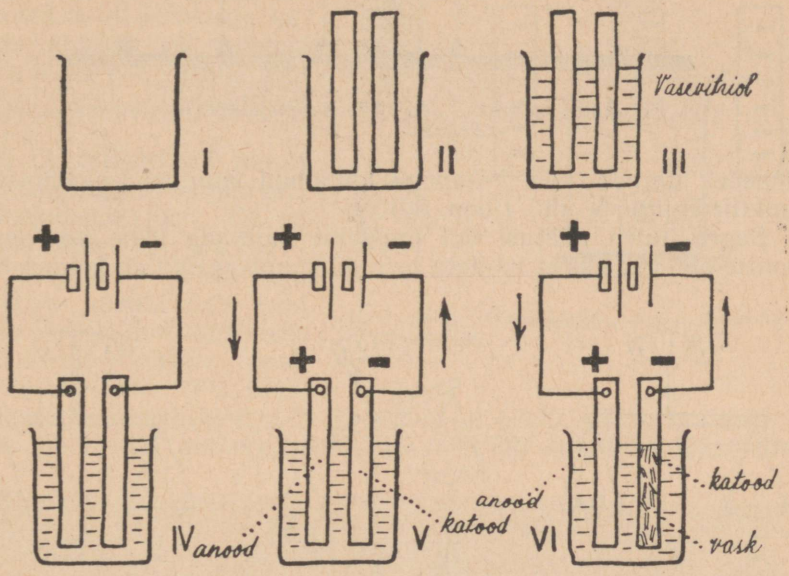


Joon. 58-II. Õpilase joonis: „Aurujaotaja ja silindri läbilõige".

vad seda tõelikkuses. Mõningatel juhtudel aga tuleb siiski piirduda kujutistega joonistel. Kõige kasulikumaks osutub valmispiltide ja õpetaja poolt tahvlil esitatud selgitavate jooniste üheaegne kasutamine. Kui ka õpilased näevad objekte või nähtusi, mida õpetaja näitab neile tõelikkuses, ei lange selgitavate jooniste vajadus ikkagi ära. Näiteks kui õpetaja näitab üht lihtsamat nähtust, et ühendatud anumais vedelik jääb ühele tasemele, näevad õpilased küll vahetult seda nähtust, kuid ilma vastava jooniseta ei suuda nad vajalikul määral selgitada endile „ühendatud anumate" riista ehituse iseloomulikke omapärasusi ega mõista täielikult seda nähtust ennast (joon. 58-I). Õpilane, kopeerides õpetaja joonist ja tehes seda osalt tõelikkuse järgi, pöörab joonistamisel oma tähelepanu tahes-taht-

mata anumate erisugusele kujule. Punktiirjoone tõmbamine aga läbi tasemete ja vastav pealkiri võimaldab täpselt selgitada ühendatud anumate seadust ja n. ö. fikseerida seda graafilises üleskirjutuses.

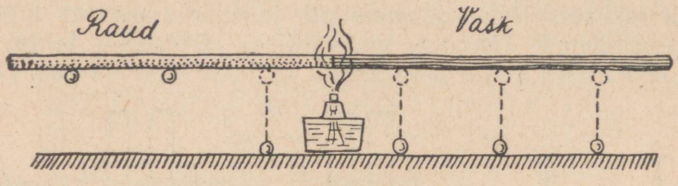
Eespooltoodud näide (ühendatud anumad) vastab võrdlemisi lihtsale juhule, mil küsimuse tajumine ja arusaamine õpilaste poolt ei tekita raskusi. Rõhuval enamikul juhtudel aga on küsimused palju keerukamad. Teatavas metoodilises järjestuses tehtav joonis kasvab ja areneb siis järk-järgult õpilaste silmade ees, jaotades objekti, nähtuse või katse „nägemise" ja vastavad seletused üksteisele järgnevate protsesside reaks (joon. 59). Kujutlus tervikust tekitatakse joonise abil nähtuse või objekti kõige olulisemate üksikasjade tundmaõppimise põhjal. Üksikasjade järkjärgulises väljaeraldamises ja õpilase tähelepanu koondamises antud momendil neist ainult ühe tundmaõppimisele omandab ülesjoonistamine määrava tähtsuse. Nähtuse või katseriista ehituse seletamine lihtsustub sealjuures tunduvalt.



Joon. 59. Joonise järkjärguline kasvamine demonstreerimise ja seletuse käigus: I — „võtame anuma", II — „asetame sellesse kaks elektroodi"; III — „valame sisse vasevitrioli lahust"; IV — „ühendame elektroodid vooluallikaga"; V — „algab elektri voolamine"; VI — „miinus-elektroodil eraldus vask".

Joonised nende lõplikul kujul väljendavad oma rõhuvas enamikus ühtede või teiste füüsikaliste protsesside tulemusi. Teiste sõnadega — joonisel näidatakse keha seda olukorda või asendit, mida ta on saavutanud protsessi või nähtuse lõppfaasis. Need joonised on seega staatilised ega ole vahetult kasutatavad

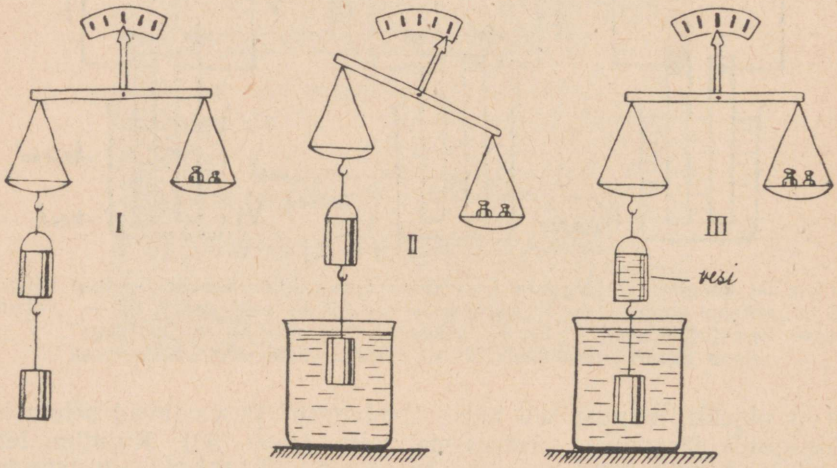
otsustamiseks selle üle, missugused muutused on just toimunud kehade olukorras või asendis. Sageli aga esineb otsene vajadus iseloomustada joonistel protsessi käiku või dünaamikat, milleks tuleb kujutada kehade olukorda või asendit enne ja pärast protsessi, teinekord aga ka mingit tema vahepealset faasi.



Joon. 60. Katse kujutus: „Metallide soojusjuhtivuse võrdlemine".

Mõnedel juhtudel võib kehadega toimunud muutusi iseloomustada punktiir-kujutuste abil (joon. 60).

Sageli tuleb nähtusi või protsessi kujutada kahe või enama joonise abil, selleks et näidata neid dünaamikas. Nii on kolmekordse



Joon. 61-I. Arhimedese seaduse demonstreerimise kujutis kangkaalu abil.

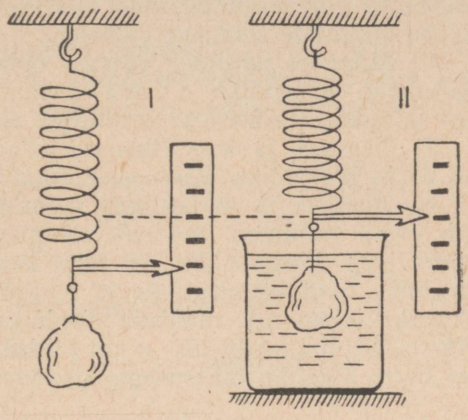
joonistamise näiteks joonis 61, millel on kujutatud Arhimedese seaduse demonstreerimine. I joonisel on näidatud seade enne katset; II joonisel — tasakaalu kadumine keha asetamisel vette ja III joonisel — kaalu tagasipöördumine tasakaaluseisu pärast ämbrikese täitmist veega.

Jooniste osa ja tähtsuse taandamine seletustele abivahendiks oleks ebaõige. Edasi on joonised suure tähtsusega veel järgnevatelt vaatekohtadelt:

1) Küllalt hästi läbimõeldud ja teostatud joonistamise kasutamise plaan annab tunduvat võitu ajas, lihtsustades ja lühendades õpetaja sõnalisi seletusi. Seega võtab jooniste ratsionaalsel kasutamisel küsimuse käsitlus õpetajal vähem aega kui nende mitteküllaldasel kasutamisel.

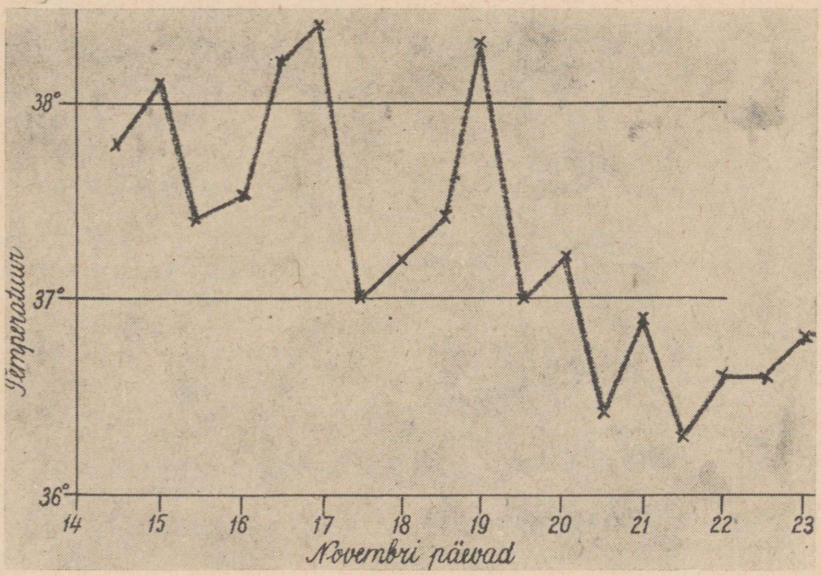
2) Õpilaste endi poolt tehtavad ülesjoonistused varustavad neid oskustega kujutada objekte või nähtusi graafiliselt, nende loomulikul või skemaatilisel kujul.

3) Õigesti tehtud joonis koos mõningate selgitavate pealkirjadega (joon. 59) on omapäraseks graafiliseks konspektiks ja seepärast kasutatakse teda hiljem käsiteldud küsimuse kordamisel õpilaste poolt laialdaselt (joon. 60 ja 61).



Joon. 61-II. Üleslükkejõu demonstreerimise kujutis (vt. joon. 9, I ja II).

4) Jooniste eriliigid: diagrammid (joon. 42) ja graafikud (joon. 62) annavad õpilastele näitliku kujutluse füüsikaliste



Joon. 62. Õpilaste koostatud graafik. Temperatuuri käik haiguse ajal.

suuruste vahekorrast, aga ka pidevast sõltuvusest teineteisest, mis viib nendevahelise funktsionaalse seose mõistele.

5) Mõnede ülesannete lahendamine (arvestamata jättes graafilist lahendamist nõudvaid eriülesandeid) kergeneb tunduvalt, teinekord aga muutub ainult siis võimalikuks, kui õpilased väljendavad ülesande andmed joonisel.

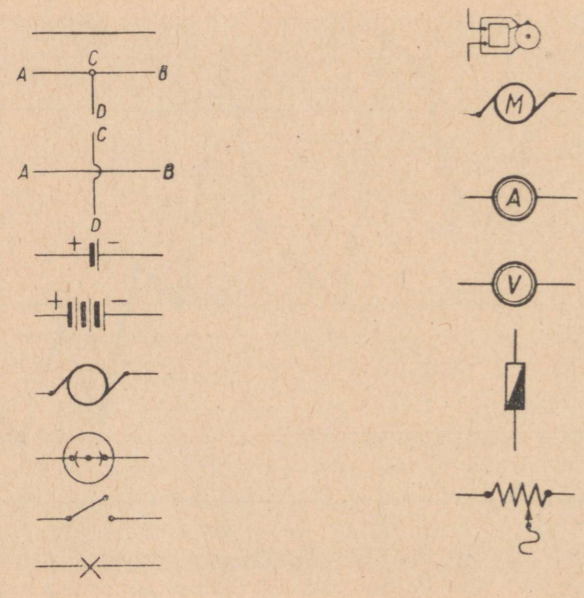
6) Mõnedel juhtudel võivad õpilase iseseisvad joonised olla paremaks vahendiks tema teadmiste selgitamiseks kui laialdased sõnalised seletused (joon. 58-II).

7) Täpsuse ja korralikkuse järgimine jooniste valmistamisel on peale õpetusliku külje veel suurema kasvatusliku tähtsusega.

8) Jooniste ja joonestuste valmistamine õpilaste poolt soodustab väga tunduval määral silmamõõdu arenemist. Oskus silma järgi hinnata üht või teist kaugust, võtta võrdse pikkusega sirglõike, jaotada sirglõike ja ringjoone kaari võrdseteks osadeks (kaheks ja enam), määrata sirglõikude suhtelist suurust, ehitada 90°- ja 45°-lisi nurki jm. — on tähtsamaid polütehnilisi oskusi, mis on suure tegeliku tähtsusega igapäevases elus, sõjaasjanduses jne.

§ 25. Tähtsamaid metoodilisi nõudeid jooniste kohta.

Joonis on üheks abinõuks meie kujutluste väljendamiseks ja suurendab vahendite arvu, millede abil me saame väljendada oma mõtteid. Seepärast on *füüsika õpetamise üheks lahutamatuks ülesandeks teadmiste graafilise väljendusvõime arendamine õpilastes.*



Joon. 63. Elektrivooluringide üksikosade ühtlustatud tingkujutised.

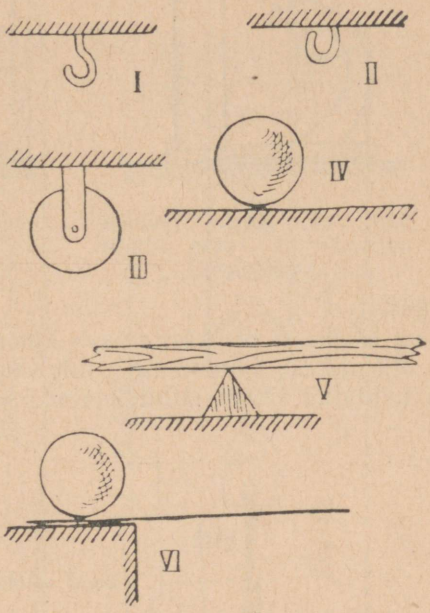
Füüsika metoodika, mis seab oma põhieesmärgiks küsimuste lahendamise, kuidas käsitella füüsika kursust, ei saa kõrvale jätta küsimust õpetaja jooniste kohta klassitahvlil. Selgitada, m i d a nimelt tuleb kujutada joonistel ja **kuidas** just joonistada — on m e t o o d i k a üheks ü l e s a n d e k s.

Vaatleme metoodilisi põhinõudeid joonistele.

1) Esimene ja tähtsaim nõue eranditult kõikidele õpetaja joonistele tahvlil seisab selles, et nad peavad olema teaduslikus suhtes tingimata „kirjaoskuslikud". Joonistel, nagu õpetaja jutustuseski, ei ole lubatavad mingisugused eksimised füüsika või tehnika seaduspärasuste vastu ega terav mittevastavus reaalsusele.

2) Õpetaja iga joonis peab olema õpilastele graafilise kujutamise e e s k u j u k s. Õpetaja mitte ainult et ei tohi tähele panemata jätta joonistamise ja tehnilise joonestamise seadusi ning reegleid, vaid on kohustatud õpetama jõukohasel määral neid reegleid õpilastele ja taotlema neil õigete harjumuste tekkimist joonistamise alal.

3) K o r r a l i k k u s ja t ä p s u s joonistamisel on õpilaste graafilise „kirjaoskuse" vajalikuks tunnuseks. Nende nõuete esitamine õpilastele on nende jaoks suure **kasvatusliku tähtsusega.** On ilmne, et klassitahvlile joonistamisel peab õpetaja olema õpilastele täpsuse ja korralikkuse eeskujuks.

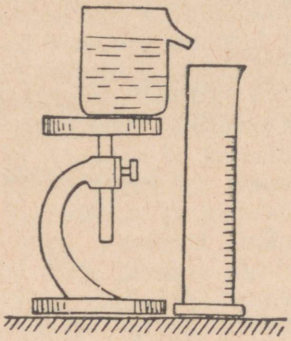


Joon. 64. Aluste, konksude ja teiste tugede ühtlustatud tingkujutised: I — konks (õige); II — konks (väär); III — plokk; IV — kuulike tasapinnal; V — kangi tugi; VI — alustugi paigaloleku inertsi katses.

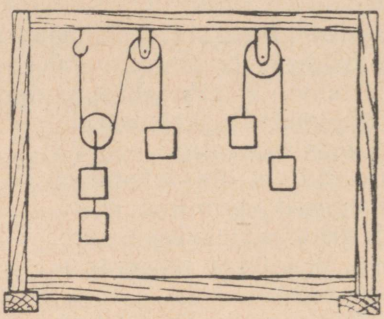
4) Joonis peab olema võimalikult l i h t n e, selleks et tagada selle korratavust õpilaste poolt. Joonise korratavus tähendab selle niisugust valmistamist, et joonise kopeerimine ei tekitaks õpilastele raskusi. Sellest järeldub, et joonistamisel tuleb loobuda niisuguste „kunstiliste võtete" kasutamisest, mis nõuavad erilist ettevalmistamist.

Jooniste valmistamisel tuleb abiks võtta peamiselt projektsioonjoonestamise võtteid ja laialdaselt kasutada tingmärke (punkt 5). Joonise lihtsus, mis ulatub skemaatilisuseni, on tähtis ka joonise valmistamise aja säästmiseks.

5) Määratu tähtsus on joonistamise lihtsustamisel ja aja säästmisel riistade ühtlustatud lihtsate ja tingkujutiste kasutamisel, mis on võimalik, kui ühe või teise varem tundmaõpitud



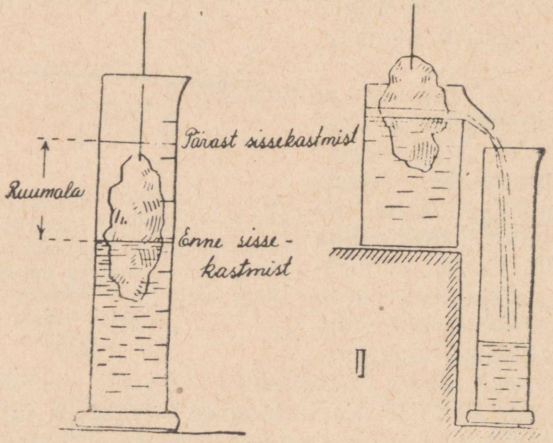
Joon. 65. „Keha ruumala mõõtmine" — väär kujutis klassitahvlil.



Joon. 66. Liikuva ja liikumatu ploki väär kujutis klassitahvlil.

riista ehitus ei ole käsiteldava küsimuse seletamisel oluline.

Nii näiteks joonisel 61-I, mis seletab Arhimedese seaduse katset, on näidatud lihtsustatud kaalud, sõltumata nende tõelisest kujust

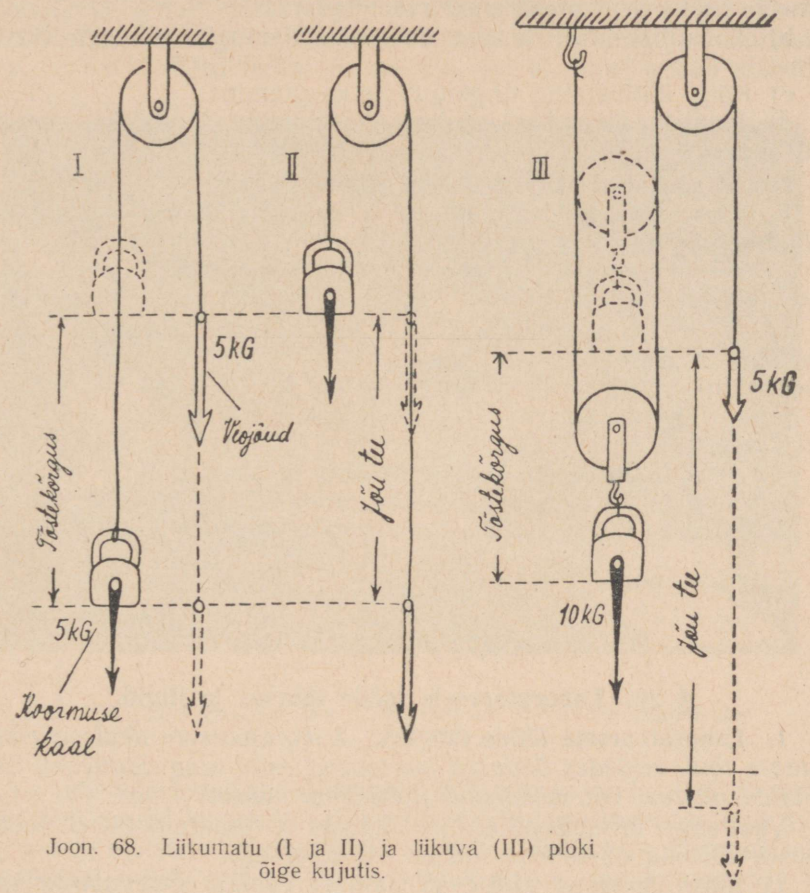


Joon. 67 „Keha ruumala mõõtmine" — õige kujutis.

ning ehitusest (tehnilised, apteegi- või Bèranger' kaalud). Riistade tingkujutamist võetakse abiks ka sel juhul, kui õpitakse tundma üksikosade ühendamist mitmesugusteks rühmadeks, nagu näiteks elektrivooluringide kujutamisel (joon. 63). Erilist tähelepanu vääri-

vad igasuguste tugede, aluste, konksude ja teiste toetusseadiste ühtlustatud tingkujutised (joon. 64).

Suureks metoodiliseks veaks oleks nende kujutamine vastavalt nende tõelisele kujule (joon. 65 ja 66), mis põhjustab ülearust ajakaotust, teinekord aga tumestab kujutatava olemust (joon. 66).



Joon. 68. Liikumatu (I ja II) ja liikuva (III) ploki õige kujutis.

Kuna tugede kuju võib olla mitmesugune, mõnikord juhuslik, ja rõhuva enamiku füüsika küsimuste käsitlemisel ei etenda mingit osa, siis tuleb kasutada võimalikult rohkem lihtsustatud tingmärke (joon. 67 ja 68).

6) Kõige tähtsamaks ja raskemini täidetavaks nõudeks on joonise i l m e k u s. Selle nõude määrab joonise eesmärk ja ta seisab kõige selle selgesti esiletõstmises, mis on põhilisem ja kõige iseloomulikum kujutatavatele objektidele või nähtustele.

Joonise ilmekus on saavutatav õpetaja tõsise tööga visandite kallal tunni ettevalmistamisel. Ilmekust aitab tunduvalt tõsta muuseas ühtlustatud tingkujutiste kasutuselevõtmine.

Vajalikkudeks tingimusteks õpetaja jooniste edukaks valmistamiseks on:

a) Geomeetrilise ja projektsioonjoonestamise põhijoonte tundmine ja oskus neid praktikasse rakendada.

b) Kunstilise joonistamise mõnede lihtsamate võtetega tutvumine.

c) Kõigi ühtlustatud tingkujutiste kasutamine.

d) Jooniste visandite esialgne koostamine tundideks ettevalmistamisel.

Joonistamisalane kirjandus füüsika tundideks.

I. Käesoleva väljaande IV köide, kus on üksikasjalikult läbi töötatud tundides kasutatava joonistamise metoodika ning tehnika ja on toodud tüüpilised joonised füüsika kehtiva programmi kõikidelt aladelt.

II. Suurt tähelepanu väärib peatükk raamatust «Методика преподавания физики» под редакцией Знаменского (autor Tšeljuskin).

III. Ajakirja «Физика в средней школе» artiklitest on väga kasulikud:

Arefjev, Joonestused klassitahvlil, 1939, nr. 1.

Smirnov, Klassi tahvel füüsika-alastel töödel, 1940, nr. 5.

K. E. Martõnov, Füüsikaõpetaja tahvel, 1946, nr. 2.

SEITSMES PEATÜKK.

LABORATOORSED TÖÖD.

§ 26. Laboratoorsete tööde tähtsus ja liigid.

1. Laboratoorsete tööde tähtsus. *Laboratoorsete töödena mõistetakse töid, milledes õpilased ise toovad esile ning vaatlevad füüsikalisi nähtusi või mõõdavad füüsikalisi suurusi (joon. 8).*

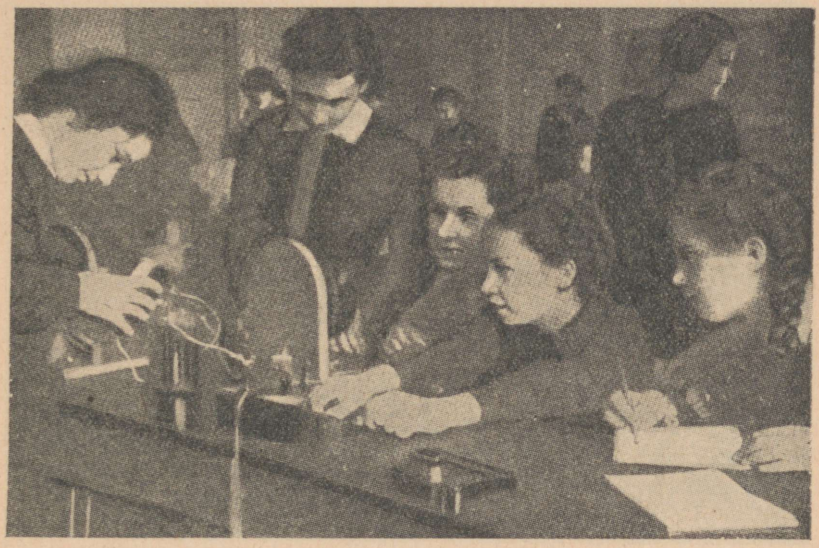
Vaatleme, missugune eriline tähtsus on laboratoorsetel töödel seoses füüsika õpetamise üldiste ülesannetega.

1) Kuigi õpilased vaatlevad nähtust õpetaja demonstreerimistel, jäävad nad siiski ainult vaatlejaiks, sest nad ei võta kuidagi osa katse enda teostamisest. Laboratoorsetes töödes nõutakse õpilaste aktiivset osavõttu, sest õpilased ise koostavad kirjelduse või õpetaja suuliste juhendite järgi vajaliku seadme, vaatlevad selle abil iseseisvalt füüsikalisi nähtusi või sooritavad mõõtmisi. Seega on laboratoorsetel töödel, võrreldes demonstratsioonidega, eelkõige see vaieldamatu eelis, et nad õpetavad õpilasi mitte ainult kõrvalt vaatlema, vaid ka ise esile tooma füüsikalisi nähtusi.

2) Laboratoorsetel töödel õpivad õpilased *kasutama füüsika katseriistu kui katselise tunnetamise vahendeid* (joon. 69). Peale

selle omandavad nad puntpraktilist laadi oskusi, mis on neile vajalikud mitte ainult töödel teaduslikes laboratooriumides, vaid ka elus, eriti tänapäeval, kus neid ümbritseb võimas tehnika. Seega on laboratoorsed tööd polütehnilise hariduse üks tõhusaid vahendeid (§ 10, 4).

3) Mõningatel juhtudel saab küsimuse teaduslik tõlgendus võimalikuks ainult pärast õpilaste kõige lähemat, v a h e t u m a t tutvumist nähtustega, mis nõuab katsete sooritamist just õpilaste e n d i p o o l t. Eriti tähtis on see siis, kui küsimus seisab mõnede



Joon. 69. Laboratoorne töö: „Vesireostaadi mõju tundmaõppimine".

u u t e mõistete tarvituselevõtmises. Mõistete kujundamisel on katsete sooritamine ja nende varal nähtuste tundmaõppimine, mis viivad nende mõistete selgitamisele, määrava tähtsusega. Demonstratsioonilaual esitatavate nähtuste vaatlus aga ei saa kunagi olla ei nii s ü g a v ega nii e m o t s i o n a a l n e kui laboratoorsetel töödel, nähtuste isiklikul esiletoomisel. Näiteks niisugused rasked mõisted, nagu seda on soojushulk, elektri voolutugevus, pinge jt., omandatakse edukalt ja õpitakse mõõtma nende suurusi ainult laboratoorsete tööde tulemusena.

4) Ükski õpetamise võtteist ei suuda õpilase mõtlemist nii lähendada i s e s e i s v a uurija katsetaja „psühholoogiale", kui seda võimaldavad laboratoorsed tööd. Niisugustel töödel esitatakse õpilastele mõned neile jõukohased probleemid, mis vajavad katselist lahendamist (joon. 9-II, 10 ja 70).

Uurimistöös võtab õpilaste iseseisva mõtlemise laad ning järeldamise loogika katse mõjul hoopis teise kuju, võrreldes mitmesuguste küsimuste hariliku lahendamisega, mis nõuab ainult arutlemist ega vaja katsete korraldamist. Uurimiskatse on samuti hoopis teist laadi kui vaatluskatse, milles õpilased kordavad juba nähtut ja teavad tulemust juba ette. Lõpuks sisendatakse õpilastele laboratoorses töös seda, mida võib nimetada „usuks oma jõusse", sest uurimine võimaldab neile ära kasutada oma teadmist selleks, et tunnetada uut — neile tundmatut.



Joon. 70-I. Laboratoorne töö: „Kiirte käigu selgitamine, mis läbivad tasaparalleelse plaadi".

5) Laboratoorsetel töödel on suur kasvatuslik väärtus, kuna nad distsiplineerivad õpilasi, harjutavad neid iseseisvale tööle ja sisendavad laboratoorse kultuuri oskusi (vt. II k., § 4).

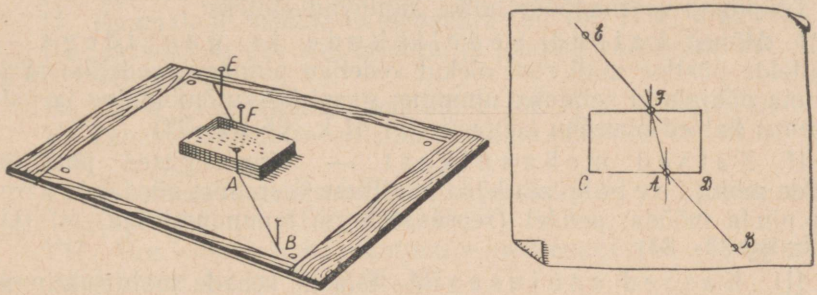
Niisugune on laboratoorsete tööde spetsiifika, mis annab neile määratusuure pedagoogilise väärtuse.

Seega täiendavad laboratoorsed tööd füüsika õpetamise harilikku vormi ja võimaldavad lahendada tema õpetamise ülesannet tervikuna, mitte aga ainult osaliselt, nagu see toimub ainuüksi demonstreeriva katse kasutamisel. Tõepoolest, laboratoorsed tööd, peale selle, et nad varustavad õpilasi katselist laadi oskustega, selgitavad paremini füüsikaliste nähtuste ning mõistete olemust, lahendavad mõningaid kasvatuslikku laadi ülesandeid, tutvustavad

ka — mis on just eriti tähtis — õpilasi teadusliku uurimistöö elementidega.

Vajadust kasutada füüsika õpetamisel laboratoorseid töid tunti juba enne revolutsiooni. Meie nõukogude koolis on **laboratoorsed tööd tunnustatud tingimata kohustuslikeks** ja on seepärast viidud ametlikku õppeprogrammi ja õpikusse.

2. Laboratoorsete tööde liigid. Laboratoorsed tööd jaotatakse kvalitatiivset ja kvantitatiivset laadi töödeks. Kvantitatiivsetes töödes õpilased mõõdavad ühtesid või teisi füüsikalisi suurusi; kvalitatiivsetes nad vaatlevad füüsikalist nähtust ilma seda kvantitatiivselt hindamata. Niisugune laboratoorsete tööde liigitamine on kasulik mitte niivõrd metoodiliselt, kuivõrd tehnilisest küljest, sest kasutatav aparatuur erineb teravalt üht või teist liiki



Joon. 70-II, III. Seade kiirte käigu vaatlemiseks plaadist läbiminekul (II) ja joonis, mis on selle töö tulemuseks (III).

laboratoorsetel töödel. Kvantitatiivsetes töödes kasutatakse füüsika mõõteriistu; kvalitatiivsetes töödes kasutatakse demonstreerimis-aparatuuri, mis on tublisti lihtsustatud ja mõõdetes vähendatud, võrreldes harilikuga. Laboratoorsete tööde riistade küsimust on üksikasjaliselt käsiteldud II k., §§ **16, 61—71.**

Laboratoorsete tööde üldisem liigitamine nende eesmärgi järgi on metoodiliselt suurema tähtsusega. Sõltuvalt oma vahetust ülesandest, tuleb eristada laboratoorseid vaatlemis- ja uurimistöid.

Vaatlemistöödes õpilased sooritavad kvalitatiivset laadi katseid või füüsikaliste suuruste mõõtmisi õpetaja kirjelduse või juhendi järgi, mis selgitavad riistade tegevust ja määravad kindlaks töö käigu algusest lõpuni. Seejuures ei nõuta õpilastelt mingisuguste füüsika probleemide lahendamist või iseseisvaid järeldusi. „Uurimistöödes" selle vastu tutvustatakse õpilasi uute, neile tundmatute füüsikaliste nähtustega või tõmmatakse õpilased kaasa ühe või teise neile jõukohase füüsika probleemi lahendamisele. Nii vaatlemis- kui ka uurimistööd võib omakorda jaotada kvalitatiivseiks ja kvantitatiivseiks.

1) *Kvalitatiivset laadi vaatlemistööde* vahetuks eesmärgiks on:

a) õigema, täielikuma ja sügavama kujutluse loomine õpilastes või teisiti neile juba tuttavate nähtuste iseloomulikkudest külgedest;

b) varustamine riistade kasutamise oskusega;

c) ettevalmistus keerukamat laadi laboratoorseteks töödeks, s. o. vaatlevateks kvantitatiivseteks ja uurimistöödeks.

Niisugustes töödes sooritavad õpilased katseid, mis kordavad kas täpselt demonstratsioonidel näidatud katseid või erinedes neist väheste muudatustega. Sellistel vaatlustel ei toimu isegi suurusi hindavat laadi mõõtmisi. Vaatlustööde arv võib olla väga suur, sest palju katseid on teostatavad kõige lihtsama aparatuuri abil. Lihtsamate riistade valik, võrreldes demonstratsiooni-riistadega, on tingitud sellest, et pole vajadust katset vaadelda kauge maa tagant.

Tüüpiliste vaatlustööde hulka kuuluvad näiteks:

I. Mõned katsed vedelikkude ja gaasidega — vaadelda püstloe niidi risti olekut vedeliku pinnaga; vedeliku rõhk anuma põhjale ja seintele; ujumine; gaasi kokkutõmbumine ja paisumine; katsed õhurõhu kohta jt. (vt. II k., §§ **28—32**).

II. Katsed mehaanikast — mitmesugused jõud ja nende mõju; inerts; vaadelda kuulikese veeremist siledat ja karedat pinda mööda; pendel (seoses energia muundumisega) jt. (vt. II k., §§ **33—34**).

III. Katsed soojusest — tahkete kehade soojusjuhtivuse võrdlemine; kehade paisumine; sulamise ja keemise vaatlemine jt. (vt. II k., §§ **36—40**).

IV. Põhikatsed elektrostaatikast — elektriseerimine; elektrijõudude esiletoomine; elektrilaengute vastastikune mõju; elektroskoop (vt. II k., § **42**).

V. Elektrivooluringi põhiskeemide koostamine (vt. II k., § **67**).

VI. Põhikatsed magnetismist — magnetiseerimine, magneti jaotamine osadeks; magnetpooluste vastastikune mõju; magnetspektrid jt. (vt. II k., §§ **47** ja **69**).

VII. Katsed elektromagnetismist — pooluste kindlaksmääramine; katsed elektromagnetiga; väikese elektrimootori kokkumonteerimine; elektromagnetiline induktsioon jms. (vt. II k., §§ **48—50** ja **69**).

VIII. Mõned katsed optikast — varjude ja poolvarjude saamine; valguse peegeldumine; kujutiste saamine läätsade abil; vaatlemine läbi prisma jms. (vt. II k., §§ **52—56** ja **70—71**).

IX. Mõned katsed häälest — hääle saamine võnkuva plaadi abil, tooni kõrgus jt. (vt. II k., § **57**).

Juhatusi nende katsete metoodika ja tehnika kohta on toodud osaliselt metoodilistes juhendites (§§ **52—111**), aga ka II k., §§ **27—57** ja **61—71**.

2) *Kvantitatiivset laadi vaatlustööd.* Vastavate oskuste puudumise tõttu õpilastel ja kasutatavate mõõteriistade ebatäiuslikkuse tõttu on õigem vaadelda seda tööde liiki kui mõõtmisviiside õpetamist, mitte aga kui füüsikaliste suuruste mõõtmist. Tõepoolest, relatiivne viga mõõtmisel aparatuuri ja katsetajate „süül" ulatub teinekord kuni 10 ja enama protsendini; seepärast mõned tööd jäävad resultaadi täpsuse poolest maha isegi võrdlemisi ligikaudsetest tehnilistest mõõtmistest (vt. II k., §§ **58** ja **59**).

Antud liigi mõõtmistööde vahetu ülesanne seisab:

a) õpilaste varustamises mõõteriistade kasutamise oskustega ja

b) tutvustamises füüsikaliste suuruste mõõtmise mitmesuguste viisidega.

Kõige tähtsamateks mõõtmise laadiga töödeks on:

I. Pikkuste mõõtmine mõõdupuuga (vt. II k., § **61**, 5 ja 6).

II. Ruumalade mõõtmine mensuuri abil (vt. II k., § **62**, 4).

III. Dünamomeetri kaliibrimine ja jõudude mõõtmine (vt. II k., § **64**, 1—3 ja 5).

IV. Keha kaalu (massi) mõõtmine (vt. II k., § **63**, 1—3).

V. Tahkete kehade ja vedelike erikaalu leidmine (vt. II k., § **63**, 4 ja 5).

VI. Kasuteguri määramine raskuse tõstmisel kaldpinda mööda ja ploki abil jms. (vt. II k., § **64**, 7).

VII. Vee temperatuuri muutumise vaatlemine vee soojendamisel kuni keemiseni (vt. II k., § **65**, 4).

VIII. Soojendusriista kasuteguri määramine (vt. II k., § **66**, 4).

IX. Tahke keha erisoojuse mõõtmine (vt. II k., § **66**, 5).

X. Jää sulamissoojuse mõõtmine (vt. II k., § **66**, 6).

XI. Elektri voolutugevuse sõltuvus pingest ja takistusest ning Ohm'i seadus (vt. II k., § **68**, 5).

XII. Võimsuse ja takistuse mõõtmine voltmeetri ja ampermeetri abil (vt. II k., § **68**, 4).

XIII. Elektrivoolu poolt eraldatud ja arvutuse järgi oodatava soojushulga võrdlemine; Joule'i-Lents'i seadus (vt. II k., § **68**, 7)

Peale loeteldute kasutatakse töid, milledes on oluline mitte mõõdetavate suuruste absoluutväärtuste kindlakstegemine, vaid nende võrdlemine omavahel. Niisugused võrdlevat laadi tööd moodustavad nagu teatava vahepealse ala mõõtmis- ja uurimistööde vahel. Nende hulka kuuluvad näiteks:

XIV. Kehade ujumise tingimus (Arhimedese seadus).

XV. Hõõrdejõu tundmaõppimine (vt. II k., § **64**, 6).

XVI. Elektrivoolu tugevuse konstantsuse vaatlemine hargnemata vooluringis (vt. II k., § **68**, 4).

XVII. Elektritakistuse sõltuvus juhtme pikkusest, ristlõikepindalast ja materjalist (vt. II k., § **68**, 4 ja 5).

XVIII. Valguskiire käik valguse peegeldumisel (vt. II k., § **70**, 3).

XIX. Kiirte käik valguse murdumisel (vt. II k., § 70, 4 ja 5).
XX. Kujutise laadi ja välimuse sõltuvus eseme asendist läätse peafookuse suhtes (vt. II k., § 71, 3 ja 4).

3) *Uurimislaadi laboratoorsed tööd.* Selle liigi tööde vahetuks eesmärgiks on:

a) katsete abil küllaldaselt lihtsate faktide ning sõltuvuste kindlakstegemine, mis olid õpilastele enne tööd t u n d m a t a;

b) õpilaste lähendamine u u r i j a osale;

c) v e e n d u m u s e sisendamine õpilastesse, et mõningatel juhtudel nad võivad kasutada katset ja oma teadmisi uurimistööks.

Uurimistööde hulk kogu füüsika kursuse ulatusel võib olla üsna suur. Siiski ei tule taga ajada nende arvu; tuleb piirduda õpilaste tutvustamisega neile uurimiseks jõukohaste kõige tüüpilisemate juhtudega.

Uurimistööde ratsionaalse rakendamise näiteid on antud metoodilistes juhendites (§§ 52—111).

§ 27. Laboratoorsete tööde metoodika.

1. **Laboratoorsete tööde koht tunnis.** Laboratoorsete tööde metoodikat ja tehnikat on üksikasjaliselt käsiteldud II köites §§ 16 ja 58—71. Piirdume seepärast siin metoodilist laadi üldiste põhimõtete vaatlusega.

1) Laboratoorsed tööd ei kujuta endast tunnetamise mingit erimeetodit — nad on ü h e k s õpetamise v õ t t e k s. Seoses sellega tuleb laboratoorseid töid kasutada rangelt *kindlaksmääratud juhtudel*, kui teised võtted osutuvad võimetuiks või vähe efektiivseiks.

Mitmesuguste õpetamise võtete kasutamine ja vaheldumine ei saa sõltuda sellest, kas see on sobiv või sobimatu, tehnilistel või organisatsioonilistel põhjustel. Nad on täies ulatuses määratud sellega, et vajalik tulemus või eesmärk saavutatakse jõukohase vaeva ning aja vähima kulutusega. Seepärast võib tundi alata laboratoorse tööga, või ta sooritatakse tunni keskses osas, või lõpetatakse temaga küsimuse õppimine (§ 12, 6—8).

Laboratoorsed tööd, nagu seda nõuavad õpetamise ülesanded, peavad olema tervikuna võetud pedagoogilise protsessi orgaanilisteks osaks, mitte aga enam-vähem kunstlikult sellele juurdepoogitud lisandiks.

2) Õpilaste kõrge distsiplineerituse, füüsika õpetamise protsessi õige organiseerimise ja hea seadistuse korral ei ole vajadust eraldada laboratoorseteks töödeks eri tunde. Rõhuv enamik pikema kestvusega mõõtmislaadi laboratoorseid töid mahub ajavahemikku, mis on lühem tunni kestusest. Tund võib olla tervikuna täidetud laboratoorsete töödega ainult füüsika jao „Mõõtmised" õppimisel. Uurimis- ja vaatlustööd aga, olles kvalitatiivsed, nõuavad harilikult palju vähem aega kui mõõtmistööd.

Õpetaja pöördub vajalikul momendil sõnaliselt esituselt demonstratsioonidele ja paneb õpilastele vajaduse korral ette kas kohe järele teha näidatu, sooritada lihtsaim mõõtmine või lahendada neile seatud probleem katseliselt. Pärast laboratoorset tööd siirdub õpetaja uuesti töö neile vormidele, mis osutuvad antud juhul vajalikeks.

3) Laboratoorsed tööd on kogu õppeprotsessi ja sealhulgas tunni üheks koosteosaks. Seepärast ei ole mõnikord kasutatava oskussõna „laboratoorne tund" järele vajadust, ja seda enam taotella niisuguse tunni läbiviimise mingit eri metoodikat. Kuid sellest siiski ei järeldu, et ei ole vajadust käsitella laboratoorsete tööde korraldamise ja sooritamise metoodikat.

4) On loomulik, et esitatud juhtmõtete teostamine nõuab õpetajalt suurt meisterlikkust. Seepärast tuleb algajal pedagoogil, sedamööda kuidas ta rikastub kogemustega, läheneda järk-järgult pedagoogilise protsessi niisugusele täiuslikumale vormile, esialgu aga näeks laboratoorseteks töödeks ette eri tunde.

2. Uurimislaadi tööd. 1) Tuleb püüda selle poole, et *esimesed* tööd füüsika iga osa alguses oleksid kvalitatiivsed *vaatlustööd*, üldiseks tutvumiseks katsete tehnika spetsiifiliste iseärasustega, samuti ka nähtuste vaatlemiseks füüsika antud osas (vedelikud, gaasid, soojus, elekter, hääl, valgus). Vaatlustöödel omandatud oskused ja teadmised kergendavad tunduvalt ka uurimiste teostamist järgnevates töödes.

Seega *valmistavad* vaatlustööd peale oma otsese eesmärgi (§ 26, 2) saavutamise õpilasi *ette* vastutusrikkamatele töödele.

2) Iga probleem, mis on seatud õpilastele ja nõuab uurimist, peab olema neile jõukohane. Uurimiste „raskuse" määr võib kasvada ainult järk-järgult, sedamööda, kuidas õpilased omandavad teadmisi ja laboratoorseid oskusi. Töö peab olema, eriti alguses, küllalt *lihtne*, arvestades reaalseid võimalusi, sõltuvalt nii õpilaste arengust kui ka kooli laboratooriumi sisustusest.

3) Uurimine seitsmeklassilise kooli tundides taandub ühe või teise *probleemi* katselisele *lahendamisele*, mis on tekkinud ühe või teise küsimuse eelneval tundmaõppimisel. Nii näiteks võib anda õpilastele selgeks teha: vedru ühtlast pikenemist koormuste vastavatel suurendamistel; keha rõhu vähenemist või suurenemist toetuspinna suuruse muutumisel; dünamomeetri näidu vähenemist dünamomeetri külge riputatud keha asetamisel vedelikku (joon. 9-II); üleslükkejõu muutumist sõltuvalt keha ruumalast ja vedeliku ainest; tahke keha paisumist soojenemisel; keha soojusmahtuvuse sõltuvust tema massist ja ainest; takistuse sõltuvust voolujuhtme pikkusest, ristlõikepindalast ja ainest; elektri voolutugevuse sõltuvust vooluallika pingest ja takistusest jms.

Uurimisteks tuleb õpilasi vastavalt *ette valmistada*, sealhulgas andes neile juhendeid vajaliku aparatuuri ja küsimuse lahendamiskäigu kohta.

Kõikides näidetena toodud töödes tehakse järeldused mõõteriistade suhteliste näitude põhjal.

4) Mõnikord võib kuulda koolis õpetajaid nimetavat töid nii: Arhimedese, Ohm'i või Joule'i-Lents'i seaduse kontrollimine.

Ei ole kuidagi võimalik seadust kontrollida, seda enam seadust tõestada kooli laboratooriumi tingimustes, **ebatäiusliku aparatuuriga ja niisuguste kogemusteta katsetajatega, nagu seda on õpilased.** On lubamatu viia õpilasi selle kohta eksiarvamisele.

Õpilastele tuleb selgitada, et teaduse tee on pikk, keeruline ja okkaline ning et teadmisi saavutatakse mitte ühe, vaid paljude teadlaste tööga.

Seadused võivad laboratoorsetel töödel olla ainult aluseks mõõtmistele või uurimisele. Nii näiteks tüüpiline töö Joule'i-Lents'i seaduse kohta korraldatakse kui voolu poolt eraldatud (arvutuse järgi oodatava) soojushulga võrdlemine kalorimeetrilisel teel arvutatud soojushulgaga, s. o. ta taandub sisuliselt kasuteguri määramiseks. Töö Ohm'i seaduse kohta sooritatakse pärast selle tundmaõppimist ja saadud arvulisi tulemusi ei vaadelda seaduse kontrollimisena. Neid hinnatakse sellelt seisukohalt, kuivõrd nad vastavad arvutamise tulemustele, selleks, et paremini mõista ja omandada seadust.

3. Laboratoorse töö plaan. 1) Laboratoorsete tööde hulk kursuses, nagu demonstratsioonidegi arv, sõltub füüsika tundideks ettenähtud ajast ja on seepärast rangelt piiratud. Arvestades laboratoorsete tööde erilise väärtusega õpetamises, tuleb püüda sinna poole, et nende arv oleks suurim, mida lubavad mõistlikkuse piirid. Maksimumi saavutamine on võimalik aja tihendamise arvel, mida kulutatakse igale laboratoorsele tööle. Selleks on vajalikud järgmised eeltööd:

a) laboratoorse töö sisu ja plaani kindlaksmääramine õpetaja poolt; b) tööjuhendi koostamine; c) aparatuuri ettevalmistamine; d) selle jaotamine laudadele aegsasti enne tundi.

2) Laboratoorse töö teostamise plaan tuleb õpetajal aegsasti hoolikalt läbi mõelda pärast seda, kui ta on püstitanud täpse eesmärgi.

Sõltuvalt eesmärgist, võib ühele või teisele laboratoorsele tööle anda vaatlus-, mõõtmis- või uurimistöö laadi.

3) Igat laadi laboratoorsete tööde kavandamise ja teostamise tüüpiliseks skeemiks võib võtta järgmise:

a) Õpilaste tööks ettevalmistamine õpetaja poolt.

b) Katse sooritamine õpilaste poolt.

c) Tulemuse viimistlemine ja kasutamine.

4. Õpilaste ettevalmistamine tööks. 1) Õpilaste ettevalmistamisel õpetaja esialgu tutvustab neid töö teemaga, tema eesmärgiga; selle järel ta seletab ning vajaduse korral näitab tööks vajalikkude riistade ehitust ja annab nende käsitsemise reeglid. Lõpuks õpetaja jutustab, tehniliselt keerukamatel juh-

tudel aga ka näitab, kuidas tuleb katse teostada, kasutades sama tüüpi aparatuuri, mis on välja antud õpilastele. Tulemusena peavad õpilased saama täpse kujutluse sellest, **mida** nad peavad tegema ja seejuures **kuidas** ning **missuguses järjekorras.** Kõige lihtsamate tööde korral võib piirduda suuliste juhenditega; enamikel juhtudel aga dikteeritakse õpilastele juhend eelseletuste ajal või, mis veel parem — kirjutatakse klassitahvlile. Ettevalmistus uurimistöödeks on hoopis teistsugust laadi.

2) Juhendis näidatakse vajalikus järjekorras kõik menetlused, mis õpilane peab töö juures sooritama, tuuakse ka vastava resultaadi arvutamise käik. Kõige lühemaid ja võrdlemisi lihtsaid juhendeid nõuavad kvalitatiivset ja uurimislaadi laboratoorsed tööd. Mõõtmislaadi töödeks on tavaliselt kohustuslik juhendi koostamine, milles eeskujuks võivad olla II k., § **60**, 2 toodud juhendid.

3) Õpilaste ettevalmistamisel töödeks on väga oluline tutvustada neid mõnede põhi- ja abiriistade, nagu: piirituslamp, vooluallikad, magnetid jms. (vt. II k., §§ **18**, 4; **41**, 2; **69**, 3), kasutamise õigete võtetega. Nende riistade ebaõige kasutamine võib neid riistu rikkuda. Niisuguste riistade käsitsemise reeglid on esitatud II k., §§ **58—71.**

Õpilaste ettevalmistamisel mõõtmislaadi töödeks tuleb arvesse võtta järgmisi juhtnööre:

a) Õpetamisel on oluline, et õpilane mitte ainult ei mõõdaks kindla arvulise tulemuse saamiseks, vaid ka tutvuks ja omandaks nende mõõtmiste põhireeglid. Niisugune nõue esitatakse selleks, et lähendada mõõtmisi vajalikul määral teaduslikele mõõtmistele ja

b) saada mõõtmistel võimalikult väiksemaid vigu. Kõige olulisemad on mõõtmisreeglid mõõtmistel: mõõdupuuga (vt. II k., § **61**, 4); mensuuri abil (vt. II k., § **62**, 2); kaalude ja kaaluvihtide abil (vt. II k., § **63**, 3); dünamomeetriga (vt. II k., § **64**, 3); termomeetri ja kalorimeetri abil (vt. II k., § **66**, 2 ja 3); voltmeetriga ja ampermeetriga (vt. II k., §§ **15**, 11 ja **68**, 3).

Õpilastele tuleb selgitada, et mistahes suuruste absoluutselt täpne mõõtmine on võimatu. Tuleb aga püüda selle poole, et tulemuse leidmisel tehtud viga oleks võimalikult väike. Viga tekib nii tööriista ebatäiuslikkuse kui ka õpilaste poolt riista ebaõige kasutamise tõttu. Seepärast tuleb töödeks ettevalmistamisel jutustada ja näidata, kuidas tuleb mõõta ja kuidas ei tule seda teha.

5. Töö teostamine. 1) Alles pärast seda, kui õpilased on tööks küllalt ette valmistatud, võib neid lasta asuda katse juurde. Õpilaste käsutuses olev kogu aparatuur peab olema õpetaja poolt aegsasti hoolikalt läbi vaadatud ja vajaduse korral parandatud, et õpilastel ei tuleks kaotada aega selle remondiks. Riistade korrastamise oskuse andmine õpilastele võib olla ise mõnede laboratoorsete tööde ülesandeks. Korrastamist vajavaid

riistu võib anda õpilastele alles pärast seda, kui nad on põhjalikult õppinud töötama varem korrastatud riistadega.

2) Tööprotsessi õigeks ja kõige efektiivsemaks organiseerimiseks peab õpetaja juhtima töö üksikute osade teostamise t e m p o t, mis tekitab erilisi raskusi füüsika õppimise alguses. Niisuguse juhtimise puudumisel võib osutuda esiteks, et üksikud õpilased lõpetavad töö palju varem kui enamik teisi, ja teiseks tulevad ilmsiks väga mahajäänud õpilased, kes vajavad õigeaegset abi.

Nii töö sooritamise kiirus kui ka mahajäämine on tingitud peamiselt õpilaste temperamendist, kuid see sõltub ka sellest, kuivõrd peetakse kinni mõõtmise reeglitest. Seepärast tuleb tööd juhtida nii, et ta teostuks o s a d e k a u p a, s. o. näiteks erikaalu leidmisel tuleb ette panna leida esialgu keha kaal, ja kui see on kõikidel tehtud, lubada üle minna ruumala määramisele. Esimestena kaalumise lõpetanud õpilaste juures vaatab õpetaja põgusalt läbi nende töö tulemused ja juhul, kui aega on ees küllaldaselt ning keha kaal on leitud õigesti, annab ülesandeks teisest ainest või erineva ruumalaga teise keha täiendava kaalumise. Mahajäänud õpilastele annab õpetaja vastavat abi.

Seega peab õpetaja olema niivõrd operatiivne, et tal oleks kogu töö ajal kujutlus mitte ainult i g a üksiku lüli töö seisukorrast, vaid ka juhtida seda. Sedamööda kuidas tekib õpilaste vastav distsiplineeritus ning omandatakse tehnilist laadi oskusi, võib juhtimist järk-järgult nõrgendada, jättes õpilastele üha enam ja enam iseseisvust.

6. Tulemuse töötlemine ja kasutamine. Mõõtmistöö lõpeb füüsikalise suuruse arvutamisega. Vaatleme, missuguseid nõudeid võib esitada mõõtmise tulemusele.

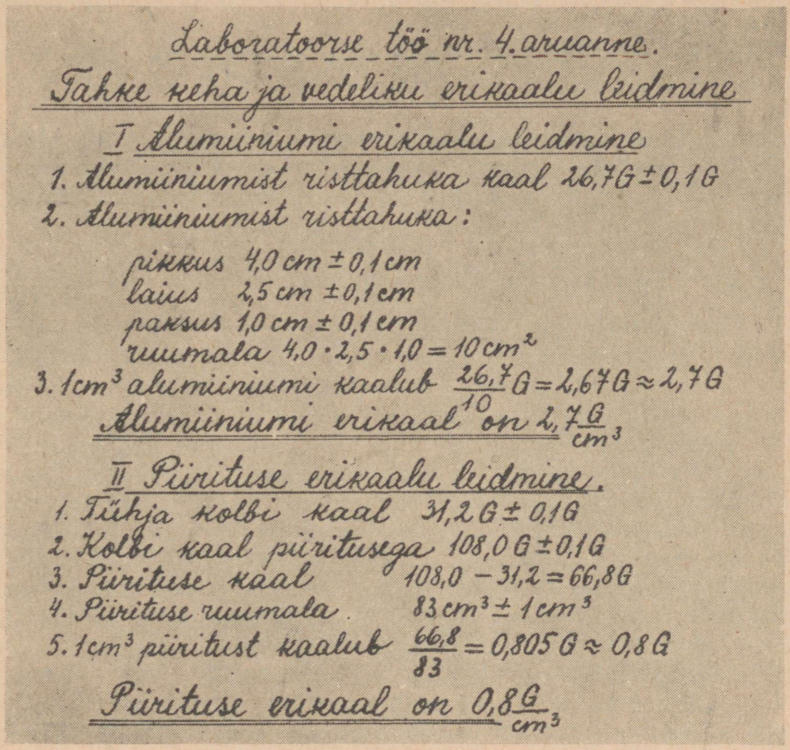
1) Füüsikaliste konstantide mõõtmisel, nagu erikaalu, erisoojuse, eritakistuse leidmisel, on ebaõige lugeda paremaks seda tööd, milles on saavutatud resultaadi täielik ühtelangemine tabeli andmetega. Niisugust ühtelangemist õieti öeldes ei saa olla juba sel põhjusel, et kooli tingimustes kasutatavad ained ei ole keemiliselt puhtad, vaid sisaldavad tunduva osa lisandeid. Õpetaja peab aegsasti selgusele jõudma, missuguseid arvulisi tulemusi tuleb saada igas töös, ja teatama neid õpilastele pärast nende tööde lõpetamist.

Õpilastelt tuleb nõuda nende poolt saadud tulemuse relatiivse vea arvutamist, võrreldes õpetaja poolt nimetatud andmetega, mis on tähtis nii tööriistade ebatäiuslikkuse kui ka õpilaste töö täitmise hoolsuse iseloomustamiseks.

2) On soovitav, et iga mõõtmise t u l e m u s t r a k e n d a t a k s üheks või teiseks otstarbeks või et see ise sisaldaks mingit tegelikult v ä ä r t u s l i k k u t e a d m i s t. Nii oleks esimese tingimuse täitmiseks kasulik anda „kaalumise" tööna õpilastele kaaluda võrdse ruumalaga, kuid mitmesugusest ainest kehi. Siis nende mõõtmiste tulemuste kõrvutamine osutub väga kasulikuks erikaalu mõiste omandamisele. Veel tähtsamad võimalused avanevad ring-

joonte pikkuste ja vastavate läbimõõtude mõõtmise (niidiga) tulemuste töötlemisel, mis võimaldab tuletada katse põhjal arvu π suurust.

Teise tingimuse täitmiseks võetakse selliseid objekte, millede mõõtmise tulemusena saadakse andmeid, milledel on teatav tegelik tähtsus. Nii näiteks on ratsionaalne mõõta: teeklaasi või teelusika


Laboratoorse töö nr. 4. aruanne.
Tahke keha ja vedeliku erikaalu leidmine
I Alumiiniumi erikaalu leidmine
1. Alumiiniumist risttahuka kaal 26,7G ± 0,1G
2. Alumiiniumist risttahuka:
pikkus 4,0 cm ± 0,1 cm
laius 2,5 cm ± 0,1 cm
paksus 1,0 cm ± 0,1 cm
ruumala 4,0 · 2,5 · 1,0 = 10 cm²
3. 1 cm³ alumiiniumi kaalub 26,7/10 G = 2,67G ≈ 2,7G
Alumiiniumi erikaal on 2,7 G/cm³
II Piirituse erikaalu leidmine.
1. Tühja kolbi kaal 31,2G ± 0,1G
2. Kolbi kaal piirituse 108,0G ± 0,1G
3. Piirituse kaal 108,0 − 31,2 = 66,8G
4. Piirituse ruumala 83 cm³ ± 1 cm³
5. 1 cm³ piiritust kaalub 66,8/83 = 0,805G ≈ 0,8G
Piirituse erikaal on 0,8 G/cm³

Joon. 71. Õpilaste aruanded laboratoorsetest töödest.

ruumala; arvutada soojendusabinõude, nagu tahiga petrooleumkeetja, priimuse või elektrikastruli kasutegurit; mõõta taskulambi elektripirni takistust ja normaalset voolutugevust jms. Kuna kaugeltki mitte alati pole võimalik varustada õpilasi „igapäevase elu" aparatuuriga, siis niisugune töö antakse ainult ühele või kahele lülile, kuid tulemus teatatakse kõikidele.

Pärast laboratoorse töö sooritamist korraldatakse saadud tulemuste vestlusekujuline a r u t l u s. See arutlus tuleb tunnustada k o h u s t u s l i k u k s, sest vastasel korral võib laboratoorne töö osutuda kunstlikuks lisandiks tunnile ja olla kasutu edasiseks käsitluseks.

3) Sooritatud töö kohta peavad õpilased koostama aruande. On vajalik, et aruanne sisaldaks: a) töö nimetust, b) seadme joonist või skeemi, c) mõõtmiste järjekorra üsna lühikest kirjeldust, mis vormilt oleks sarnane juhendiga; d) aritmeetiliste tehete seletust samasuguste küsimuste kujul, nagu neid kasutatakse matemaatika ülesannete lahendamisel; e) suhtelise vea arvutamist protsentides ja järeldust saadud tulemusest (joon. 71).

Esitatud aruandmise vorm on kõige üldisem; mis puutub aga vaatlus- ja uurimislaadi töödesse, siis võib siin rida punkte puududa.

On oluline harjutada õpilasi vormistama aruannet klassis; juhul, kui üksikute õpilaste üleskirjutused on mitterahuldavad, tuleb neilt nõuda aruande valmistamist kodus vastavas kujus ja korras.

§ 28. Laboratoorsete tööde organiseerimine ja kirjandus.

1. Organiseerimine. 1) Seitsmeklassilises koolis tuleb laboratoorsed tööd sooritada tunnis ühisel rindel, s. o. nii, et kõik õpilased teeksid samaaegselt ühesugust tööd. Niisuguse organiseerimise vajadus järgneb laboratoorsete tööde vahetust ülesandest: *tunni ettemääratud momendil tuleb kõikidel õpilastel esile tuua füüsikaline nähtus, uurida või mõõta seda* eesmärgiga, et töö aitaks vajalikult selgitada või omandada tundmaõpitavat küsimust, või et tulemus oleks materjaliks järgneval õppimisel. Rindeline korraldamine võimaldab õpetajal juhtida üheaegselt kogu klassi tööd. Tööde organiseerimist „hajutatult", s. o. mitmesugustele teemadele, samuti ka individualiseeritud töid (näit. teemalt ühesuguseid, kuid mitmesuguse raskusemääraga) saab kasutada ainult klassivälist laadi täiendavatel töödel.

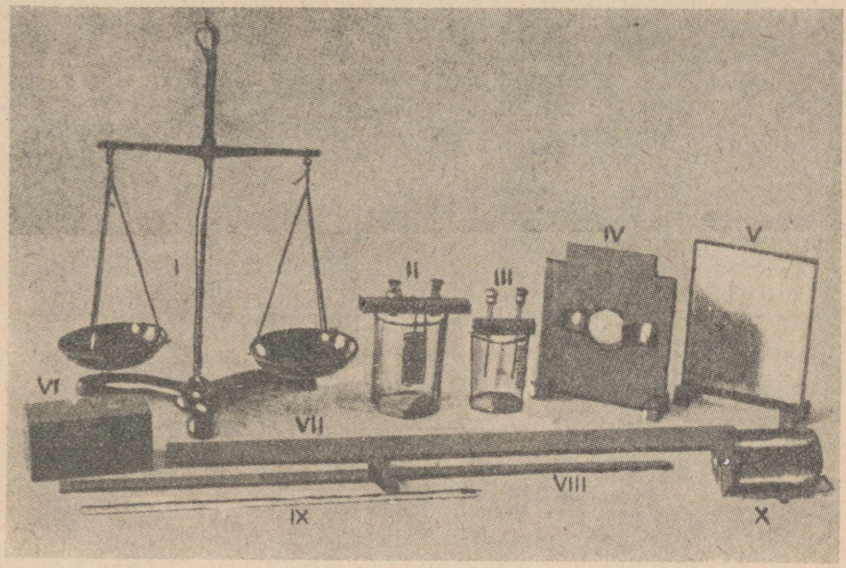
Igaüks õpilastest peab sooritama iga laboratoorse töö omade kätega; ainult sel tingimusel on saavutatavad täielikult laboratoorsete töödega taoteldavad eesmärgid.

Niisugune organiseerimine aga ei ole kaugeltki alati võimalik, sest ta nõuab väga suurt aparatuuri komplektide hulka (õpilaste arvu järgi), ja peaasi — klassi suurt pindala. Seepärast tuleb õpetajal lubada eelkõige kasutada üht komplekti kahel, teinekord aga — mis on palju halvem — kolmel ja isegi neljal õpilasel, jaotades selleks klassi õpilased „lülideks" (joon. 69 ja 70).

2) Ei tule takistada lülide moodustamist õpilaste endi soovi järgi, seda enam, et sel juhul on lüliks tavaliselt ühe laua taga istuvad õpilased. Õpetajal tuleb jälgida, et lülisse kuuluvad õpilased sooritaksid iga töö järgemööda, korrates seda üksteise järel. Aja puudusel ei lähe see alati korda; järjekord seatakse siis nii, et ühe töö teeb peamiselt üks õpilane, järgneva teine jne. Muidu võib osutuda, et mõned õpilased on süstemaatiliselt ainult vaatlejaiks ja seepärast ei omanda vajalikke oskusi.

Pärast esimeste tööde sooritamist selgub, et mõnede lülide koosseis on ebaõnnestunud. Mõnedes lülides võivad õpilased osutuda niivõrd aktiivseiks ja kannatamatuiks, et kipuvad tööd teineteiselt „ära kiskuma"; teistes aga üks õpilane „orjastab" seltsimehe, sooritades katse alati ainult ise. Õpetaja ülesandeks on ümber komplekteerida niisugused lülid ja mõnedele tagasihoidmatult aktiivseile, või vastupidi — eriti inertsetele — anda töö individuaalselt.

3) Laboratoorsete tööde korraldamine nõuab *spetsiaalset* aparatuuri (joon. 72 ja 73), mis erineb nii tehniliselt kui ka metoo-



Joon. 72. Tüüpilised riistad laboratoorseteks töödeks: I — kaal; II — riist elektrokeemilise ekvivalendi määramiseks; III — riist tööks Joule'i-Lents'i seaduse kohta; IV ja V — optiline pink; VI — risttahuka-kujuline pakuke ruumala mõõtmiseks; VII — joonlaud ja tribomeeter; VIII — kang; IX — termomeeter; X — rull.

diliselt demonstratsioonidel (joon. 74 ja 75) kasutatavatest riistadest. Laboratoorsete tööde sisseseade iseloomustus, riistade loetelu jms. on toodud II k., § **16.**

4) Õppetunni aja ebaproduktiivse kaotuse vältimiseks, kui on kallis sõna otseses mõttes iga minut, tuleb riistad laudadele jaotada *aegsasti* — vahetunni ajal, need koristada aga pärast tunni lõppu. Selleks peab õpilaste distsipliin olema niisugune, et nende laudadele valmisseatud riistad jääksid seni puutumata, kuni neid ei vajata (joon. 76). See tingimus saavutatakse suure *kasvatustöö* tulemusena ja ta on täiesti teostatav, kuigi mitte korraga. Seepärast tuleb füüsika esimesteks töödeks varuda vastav arv riistade

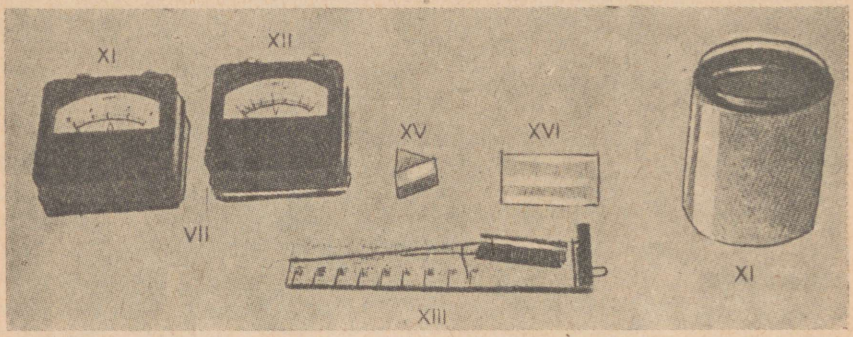
komplekte eri karpides või kastides, mis võimaldab võrdlemisi kiiresti jaotada riistad laudadele.

Ülejäänud organisatsioonilist laadi abinõud on toodud II köites.

2. Kirjandus. Siin esitatakse käsiraamatute nimestik, mis vaatlevad peamiselt laboratoorsete tööde metoodilisi küsimusi. Riistade ning katsete kirjeldusi sisaldavad tööd on näidatud II k., § **74.**

I. И. А. Челюсткин, Лабораторные работы, их значение, форма и методика проведения — из книги под ред. Знаменского: «Методика преподавания физики в средней школе», изд. 3-е, Учпедгиз, 1938.

II. И. В. Глинка, Опыт по методике физики. Лабораторные уроки в средней школе, 1911.



Joon. 73. Tüüpilised riistad laboratoorseteks töödeks: XI — ampermeeter; XII — voltmeeter; XIII — dünamomeeter; XIV — kalorimeeter; XV — prisma; XVI — tasaparalleelne plaat.

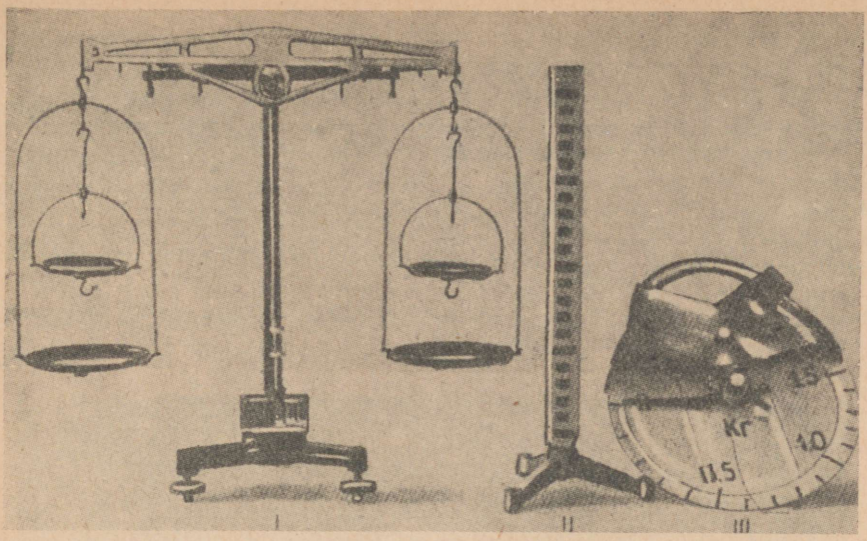
Raamat on küllalt tähelepanuväärіv, vaatamata sellele, et käsitleb laboratoorsete tööde küsimusi ennerevolutsiooniaegses koolis.

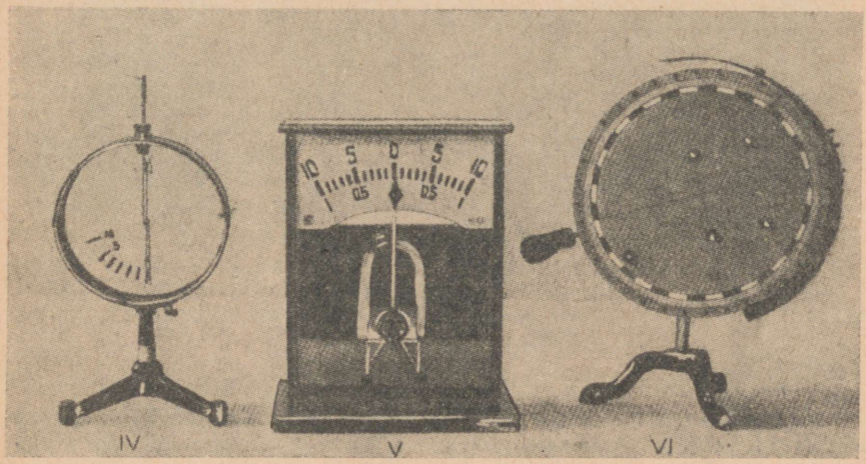
III. В. Н. Бакушинский, Организация лабораторных работ по физике в неполной средней школе, часть 1, Учпедгиз, 1940.

Oma sisu ja vormi järgi annab raamat laboratoorsete tööde tehnika kirjeldusi. Oma olemuselt aga on ta üks paremaid käsiraamatuid metoodika alalt, käsitelles selle küsimusi konkreetsete näidete varal, mis on eriliselt väärtuslik algajale õpetajale.

IV. Н. С. Дрентельн, Пособие для практических работ по физике в средней школе (с вопросами для упражнений), 1908.

Raamat pakub suurt huvi, sest ta esitab esimesi katseid laboratoorsete tööde korraldamiseks Venemaal selleks eriliselt sisustatud ruumis, mille kirjeldus on raamatule lisatud. Õpetaja leiab raamatust arvukaid tegelikke juhendeid ja metoodilisi nõuandeid, mis on laiali pillatud üle kogu teksti, eriti autori eessõnas, ja mis säilitavad enamikel juhtudel oma aktuaalsust ning väärtust tänapäevani. Raamatusse on sisse võetud töid ka keemiliste nähtuste alalt, sest endisel ajal kuulusid keemia algmed füüsika kursusse.





Joon. 74, 75. Tüüpilised demonstratsiooni katseriistad: I — demonstratsioonikaal; II — manomeeter; II — dünamomeeter; IV — Braun'i elektromeeter; V — demonstratsiooni-galvanomeeter; VI — Hartli ketas.

V. А. А. Покровский, Б. С. Зворыкин, Фронтальные лабораторные занятия по физике. Изд. Академии Пед. Наук РСФСР, 1950.

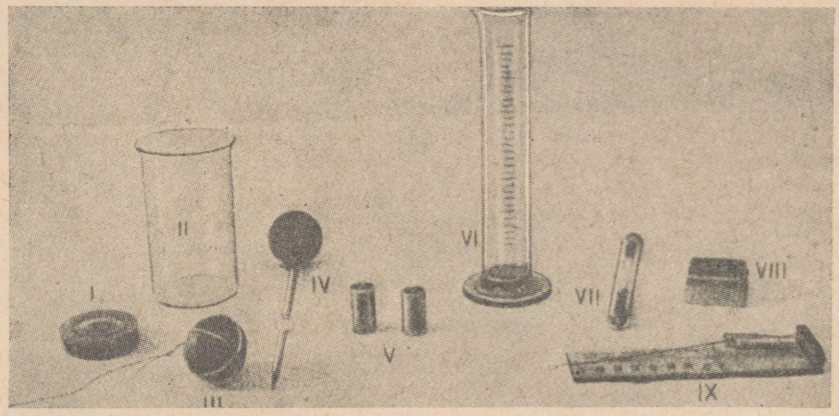
Raamatus leidub juhendeid laboratoorsete tööde organiseerimiseks, katseriistade ratsionaalseks hoidmiseks ning töödeks vajalikkude katseriistade jooniseid ja ülesvõtteid. Kõik VI—XI klassi labo-

ratoorsete tööde juhendid on ette nähtud kasutamiseks õpetajale. Väga vajalik käsiraamat igale füüsika õpetajale.

VI. П. А. Знаменский, Лабораторные занятия по физике, часть I и II, изд. 3-е, Учпедгиз, 1934, стр. 263—315.

Raamat on laialdaselt levinud, tänu suurele hulgale üsna mitmekesiste, peamiselt lihtsustatud seadmete kirjeldustele laboratoorsete tööde jaoks. Ta on eriti kasulik õpetajale laboratoorsetel töödel füüsikaringides, peale nende tööde, mis on kohustuslikud ja on võetud füüsika programmi.

VII. Р. Клей, Опыты по свету. Пособие для лабораторных занятий в школе, пер. с англ. 1922.



Joon. 76. Laboratoorsete katseriistade komplekt teemale „Arhimedese seadus". I — Kork. II — Keeduklaas. III — Keha (kartul). IV — Pipett. V — Metallist kehad. VI — Mensuur. VII — Katseklaas haavlitega. VIII — Karbike haavlitega. IX — Dünamomeeter.

Raamat sisaldab suure hulga lihtsustatud riistadega sooritatavate laboratoorsete tööde kirjeldusi optika alalt. Eriti huvitavad on üldtuntuiks saanud tööd valguskiire käigu tähistamisega nööpnõelte abil. Raamat on soovitatav materjalide saamiseks töödele ringides.

Artiklitest ajakirjas «Физика в средней школе» väärivad tähelepanu:

В. Н. Бакушинский, Лабораторные работы в средней школе, 1938, № 1.

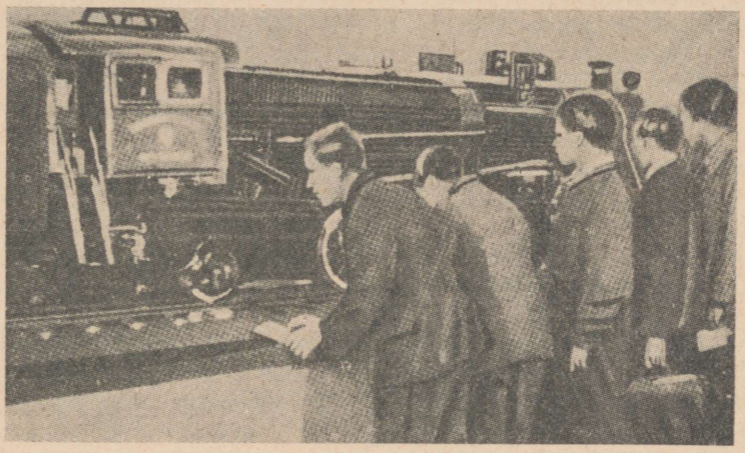
Г. И. Фалеев, Лабораторное оборудование курса 6 и 7 классов, 1938, № 3.

Eesti keeles on ilmunud artikkel ajakirjas „Nõukogude Kool" A. Emmo, Füüsika laboratoorsete tööde korraldamise metoodikast ja tehnikast, 1951, nr. 3.

EKSKURSIOONID.

§ 29. Ekskursioonide ülesanne ja nende liigid.

1. Ekskursioonide eesmärgid. Seitsmeklassilise kooli kaasaegses programmis on ekskursioonidele ette nähtud vastavad tunnid ja seletuskirjas rõhutatakse nende organiseerimise tungivat vajadust. Tõepoolest, füüsika õpetamise eesmärgid saavutatakse ainult sel tingimusel, et füüsika süstemaatilise kursuse läbivõtmisel õpilased saavad kujutluse t e h n i k a o s a s t n i n g t ä h t s u s e s t kaas-



Joon. 77. Õpilaste tutvumine veduriga ja selle ehituse ülesjoonistamine nende poolt ekskursioonil raudteetranspordi muuseumi.

aegses elus, ja mis peaasi — tajuvad selgesti füüsika tähtsust tehnikale. Seepärast esitatakse füüsika kursuses võrdlemisi rikkalikult illustreerivat materjali tehnika valdkonnast, pakkudes seda õpilastele mitmesuguses vormis. Kuid neid kujutlusi tehnilistest ehitistest, seadmetest ja masinatest, mida õpilased saavad näitlike õppevahendite abil, ei saa mingil määral võrrelda kujutlustega, mis tekivad vahetul v a a t l u s e l tegelikkuses. Ekskursioonid t ä i e n d a v a d õpetamist klassis, võimaldades õpilastele n ä h a mõningaid tehnilisi ehitisi ja masinaid nende tõelisel kujul ja oma silmaga veenduda füüsika seaduste kasutamises tehnikas. Samuti on oluline ära märkida, et nii ekskursioonile ettevalmistumisel kui ka selle tulemusena tekib rida küsimusi, millede selgitamiseks on vajalik laiendada ning süvendada teadmisi füüsika alalt, mida tuleb tunnustada kui suurt positiivset tegurit. Suur tähtsus on ka ekskursioonidel muuseumidesse, kus õpilased saavad näha masinate mudeleid (joon. 76). Peale

tehnilistele teemadele korraldatud ekskursioonide tekib vajadus tutvustada õpilasi ka füüsikaliste nähtuste vaatlemisega looduses, milleks võib organiscerida vastavaid jalutuskäike.

Ekskursioonid lõpetavad harilikult ühe või teise füüsika jao õppimise, etendades illustreerivat osa.

2. Ekskursiooni plaan. Ekskursioonide teemad ja sisu ei saa olla juhuslikud, vaid peavad olema täielikus kooskõlas füüsika programmi nõudmiste ja sätetega.

Vaatleme, missugune peab olema ekskursiooni plaan füüsika esimeses kontsentris. See plaan rajaneb peamiselt kahele põhimõttele:

1) Õpilased peavad saama kujutluse kaasaegse tehnika mitmesugusest rakendamisest kõige mitmesugusemateks otstarveteks.

2) Vaatluseks tuleb valida niisuguseid tehnilisi objekte või tootmisprotsesse, millede füüsikaline külg oleks võrdlemisi kergesti esiletoodav ja õpilaste poolt jälgitav.

Esimese põhimõtte täitmiseks määratakse kindlaks ekskursioonide võimalik temaatika, mis hõlmab tehnika põhiharusid:

a) Elu- või tootmishooned, arvates siia hulka veevärgi, kanalisatsiooni, kütteseadme, ventilatsiooni ja elektervalgustuse.

b) Energiamajandus, s. o. masinad, jõumasinad ja energia jaotamine.

c) Metallide töötlemine külma ja sooja menetlusega.

d) Põllumajandus.

e) Transport.

Kui õpilasi on ühel või teisel määral tutvustatud füüsika kasutamisega kahes-kolmes neist moodsa tehnika viiest põhiharust, siis oleme täiesti küllaldaselt esile toonud füüsika tähtsuse tehnika jaoks.

Teine eespooltoodud põhimõte, põhjustamata muutusi temaatikas, mõjutab ekskursiooni konkreetsete objektide valikut. Need objektid peavad olema õpilastele jõukohased. Seepärast, nagu näitab koolitöö praktika, on ekskursioonide suuremaks tõhususeks, vähemalt energiamajanduse ning tootmise osas, kõige sobivamad keskmised ja isegi väikesed objektid, kuigi nad on tehniliselt vähem täiuslikud kui suured. Tõepoolest, kõrgesti organiseeritud tehnilistes protsessides ja majandites on nende füüsikalise olemuse esiletoomine lastele väga keerukas, vahel aga ka täiesti ülejõukäiv. Peale selle mõjuvad negatiivselt ehituste ja tootmiste tohutud mastaabid, sest õpilased „vahivad silmad peast" selle sõna tõelises mõttes.

Kuna masinaid õpitakse tundma peamiselt nende ehituse selgitamiseks seoses töötamise printsiibiga, siis on remondiks lahtivõetud masinate vaatlus kasulikum kui üksi nende vaatlus tegevuses olles. Seepärast on kõige efektiivsemaks ekskursioonid, milledel õpilastel on võimalus näha töötavat masinat ja peale selle heita pilku ka remonditava masina sisemusse.

Mõnede maakoolide läheduses aga puuduvad mitte ainult raudteed ja vabriku-tehase tüüpi ettevõtted, vaid isegi suured moodsad

hooned, mis on sisustatud ehitustehnika viimase sõna järgi. Neil tingimustel kitsenevad ekskursioonide korraldamise võimalused tunduvalt. Kuid niisugune olukord ei vabasta veel õpetajat kohustusest organiseerida ekskursioone kohalikesse väikeettevõtetesse (sepikoda, lukussepa töökoda, vesiveski, masinakuur jms.) ja kõigepealt masinatraktorijaama. Jaamas võib õpetaja leida küllaldast materjali mitte ainult põllutöömasinate, traktori, sisepõlemismootori, elektrotehnika mõnede küsimuste, vaid ka metallide töötlemise alalt (lukussepatöö, treimine, sepatöö, valamine), mis on seotud masinate remondiga. Täpselt samuti võib kasutada mistahes vabrikut, raudteejaama, isegi kolhoosi käsutuses olevat veoautot. Õieti on mistahes masin ja iga tööstusprotsess materjaliks, mis ühel või teisel määral võib selgitada füüsika kasutamist tehnikas. Linnatingimustes ei saa muidugi kõnetki olla tundmaõppimiseks vajalike tehniliste objektide puudusest.

Mitte ainult maa-, vaid ka linnaõpetajal tuleb koostada oma *isiklik kohalikest* tingimustest sõltuv ekskursioonide korraldamise plaan. Seepärast on kaasaegses füüsika programmis antud ainult üldjuhendid ekskursioonide korraldamiseks, ilma nende temaatika täpse sõnastuseta.

§ 30. Ekskursioonide temaatika.

1. **Hoone kui ekskursiooni objekt.** Hoone tundmaõppimine füüsika seisukohalt on õpilaste jaoks suure ja seejuures vahetult tegeliku tähtsusega. Nii hoone püstitamisel kui ka temas elamiseks vajalike tingimuste loomisel rakendatakse rida füüsika seadusi. Füüsika teadmised võimaldavad õpilastel mõista vundamendi kui hoone aluse ja paljukorruselise kivimaja seinte järkjärgulise laienemise (ülalt alla) tähtsust. Tutvumine ainete soojusjuhtivuse küsimusega võimaldab seletada teatavate ehitusmaterjalide kasutamist ehitamisel, aga ka rea abinõude rakendamist, mis kindlustavad hoonet külma vastu.

Linnaveevärk on vähem huvitavaks objektiks kui kohalik vesivarustuse seade, mis koosneb veepaagist, veeseisu näitajast, pumbast ja torustikust. Kanalisatsiooni ehitus on kohane ainult vesikorkide (sifoonide), osalt ventilatsiooni, nimelt tõmbetorude otstarbe vaatlemiseks. *Vesikütte* ehitust käsitellakse füüsika õpikuis ja seepärast on selge selle ehitise vaatlemise vajadus tegelikkuses. *Ventilatsiooni* ja ahjukütte tundmaõppimine on illustreerivaks materjaliks gaaside konvektsiooni küsimuses. Ahju- ja vesikütte ehitus on seotud samuti ka kehade paisumise ja soojusmahutavuse nähtustega.

Hoone *elektri-installatsioon* peab olema elektromontaaži eeskujuks, mis kergendab õpilastele tegelikus elus vajalike elementaarsete oskuste omandamist elektromontaaži alalt.

Loeteldud juhtudel võib ekskursiooni objektiks olla suuremalt osalt k o o l i enda h o o n e, mis on eriti kohane aja säästmise ja ekskursiooni korraldamise lihtsuse mõttes. Sealjuures on täielik võimalus vaadelda üksikuid objekte lahus, vastavalt füüsika õppimise plaanile. Igaüks neist eri vaatlustest nõuab 10—15 minutit.

2. Energiamajandus. „Energiamajandusena" mõeldakse:

1) mehaanilise energia s a a m i s t jõumasinate abil;

2) mehaanilise energia m u u n d u m i s t elektrienergiaks ja viimase jaotamist;

3) elektrienergia k a s u t a m i s t mehaanilise jõu, valguse ja soojuse saamiseks.

Jõumasinaist vaadeldakse füüsika kursuses: vesiturbiini, aurumasinaid ja auruturbiini, sisepõlemismootorit. Vesiturbiinidest on suurima tähtsusega seitsmeklassilise kooli jaoks, tema lihtsuse tõttu, pealtlöödav vesiratas. Paisu ülesannet, ratta töötamise printsiipi ja selle abil töömasinate (veski) käimapanemist õpitakse tundma mehaanika läbivõtmisel ühenduses potentsiaalse energia kineetiliseks muundumise küsimusega.

Turbiini seadme vaatlemisel ei ole erilist metoodilist väärtust. Tutvumine hüdroelektrijaamaga on kohane elektrifikatsiooni küsimuse käsitlemisel.

Aurumasinat saab demonstreerida ainult veduril või lokomobiilil; statsionaarseid aurumasinaid esineb väga harva. Veduril ja lokomobiilil on katelde ehitus võrdlemisi lihtne ja nende aparatuur (kaitseventiil, mõõduklaas jm.) vastab kirjeldustele õpikuis.

Metoodiliselt eriti tähtis on ekskursioon l o k o m o b i i l i j u u r d e, mille masinist näitab küttekollet, suitsukambrit, laseb masina käiku ja peatab selle, annab tagurpidikäigu jms. Suur katlaseade koos aurujõumasinaga annab aga õpilastele rohkem kujutlusi masinate välisest kujust kui nende ehitusest.

Auruturbiin, kui teda lähebki korda näha ekskursioonil lahtivõetud kujul, on õpilastele liiga keeruline selleks, et tema ehitust tundma õppida.

Sisepõlemismootoriga tutvumiseks on kõige parem statsionaarne ühesilindriline mootor. Niisugused mootorid erinevad suuremalt osalt koolis õpitavaist, sest nad võivad olla kahetaktilised või diiselmootori tüüpi. Kahetaktilise mootori töötamise seletamine kogu klassile on ebaratsionaalne: niisugust mootorit on mõtet tundma õppida ainult täiendava töö korras klassivälistel töödel. Pole vajadust selgitada diiselmootori ja hariliku neljataktilise mootori põhimõttelist erinevust; süütamine hõõgpea abil aga laseb end võrdlemisi kergesti seletada pärast mõningate täiendavate füüsika-alaste teadmiste andmist. Auto- või traktori-mootorit saab tundma õppida ekskursioonil. Sel juhul on üsna oluline näidata neid lahtivõetud kujul, mis on alati võimalik traktorijaama või garaaži külastamisel. Autol ja traktoril, peale nende jahutussüsteemi ja elektervalgustuse, pakub huvi mehaaniline osa, traktoril aga eriti roomikkäik.

Energiamajanduse teist küsimust (mehaanilise energia muundumist elektrienergiaks) õpitakse tundma ekskursioonil *elektrijaama*, kui käsitellakse teemat: Elektrienergia edasiandmine kauge maa taha.

Kahjuks võib väikestes elektrijaamades dünamot kohata ainult harukordsetel juhtudel. Alternaatori (vahelduvvoolu generaatori) ehitust aga ja töötamise printsiipi ei ole võimalik seletada õpilastele. Ülejäänud objektidest elektrijaamas saavad õpilased samuti enam kujutlusi masinate ning seadmete välisest kujust kui nende ehitusest. Elektrijaamas saavad õpilased jälgida ahelat ainult energeetilisest küljest, tema üksikute lülide järgi: kütus → aurukatel → auruturbiin → alternaator → jaotuskilp → transformaator → kõrgepingeliin, mis sisuliselt on tähtis.

Energiamajanduse küsimuse viimane osa: energia jaotamine ja tema muundumine mehaaniliseks energiaks, soojusenergiaks ja valguseks on energeetika tundmaõppimise loomulikuks jätkuks elektrijaamas.

Alalisvoolu-*mootoreid* saab näha ainult transpordis, nimelt elektrivedurites, trammides, trolleibustes. Kolmefaasiliste mootorite ehituse ja nende töötamise printsiibi tundmaõppimine ning arusaamine neist ei ole jõukohased seitsmeklassilise kooli õpilastele. Seepärast annab elektrifitseeritud tsehhi vaatlus õpilastele ainult kujutluse elektrienergia jaotamisest ja selle kasutamise võimalusest kuitahes väikesel hulgal.

Elektriahjude — takistus-, kaar- ja induktsioonahju töötamise põhimõtet ja ehitust on õpilastele võrdlemisi kerge seletada ja seepärast tuleb lugeda ahjude vaatlemist väga kasulikuks.

3. Metallide töötlemine. Ekskursioon tootmisse metallide külmalt töötlemise masinate vaatlemiseks korraldatakse mehaanika õppimisel. Eelkõige tuleb masinatel õpilasi tutvustada *liikumiste liikidega* ning nende muundumistega, mis viib füüsikaalaste teadmiste laiendamisele, ja mis kõige olulisem — annab kujutluse tüüpilistest kineetilistest mehhanismidest. Tähtsamateks mehhanismideks kulgeva ning võnkliikumise muutmisel pöörlevaks liikumiseks ja ümberpöördult — on *kruvi* ja *mutter* (pihid, käiguspindel automaattreipingil, hammaslatt), *väntmehhanism*, *väntvõll*. Tutvumine nende mehhanismidega, peale selle et varustab tegelikult tähtsate teadmistega, lihtsustab tugevasti aurumasina ja sisepõlemismootori mehhanismide tundmaõppimist.

Mehhanismidest, mida kasutatakse liikumise ülekandmiseks, näidatakse *rihm-* ning *hammasratasülekannet*. Pöörlemise kiiruse muutmise küsimus koos ligikaudsete arvutustega on õpilastele täiesti jõukohane. Mehhanismidest, mis on ette nähtud jõu suuruse muutmiseks ja mis oma põhimõttelt on juba tundma õpitud füüsika kursuses, tuleb näidata *ploki*, liitploki ehk tali ja kangi kasutamist tootmises.

Seoses hõõrdumise küsimusega vaadeldakse laagreid (lahtivõetud kujul) ning määrdeseadiseid neis. Presside töö seotakse rõhu küsimusega.

Hüdrauliline press, mille töötamise printsiipi ei õpita esimeses kontsentris, võib olla tundmaõppimise objektiks klassivälistel töödel.

Masinate abil metallide külmalttöötlemise viisidest näidatakse mitmesuguseid l õ i k a m i s e liike: saagimist, treimist, hööveldamist, puurimist, freesimist. Ekskursiooni ettevalmistamise ajal, või parem pärast ekskursiooni, ei ole raske selgitavate jooniste ja joonestiste abil esile tuua kõigi nende töötlemisviiside põhimõttelist ühetaolisust, s. o. lõikamise olemust.

Metallide s o o j a l t töötlemise tootmisprotsessi vaadeldakse soojuse õppimisel. Sepistamisprotsess ise on vähe huvitav füüsika (esimese kontsentri) seisukohalt, kuid ta avaldab harilikult õpilastele tugevat muljet. Tutvumine sellega on tähtis polütehnilise silmaringi laiendamiseks. Sepääsi vaadeldakse kui lõõtsa rakendust, auruhaamrit — kui aurumasina teisendit.

Erilist huvi pakub tutvumine v a l u a s j a n d u s e g a, kuid niisuguse ekskursiooni teostamine on võimalik ainult harukordadel, sest raske on saada luba kuumtsehhide külastamiseks noorukitega.

4. Transport. Õpilasi tuleb tutvustada transpordi kolme põhiliigiga: raudtee-, vee- ja õhutranspordiga. Auto võib ja peab olema objektiks, millega näidatakse füüsika kasutamist tehnikas.

R a u d t e e m a j a n d, arvates siia hulka depoood ja remonttöökojad, on rikkalikumaks ekskursioonide baasiks füüsika mitmesugustele osadele.

Raudtee muldkeha ehitus ja sealhulgas roobaste paigutus illustreerivad küsimusi rõhust ja kehade soojuspaisumisest. Sildu vaadeldakse nendesamade küsimuste valgustamiseks ja peale selle on nad huvitavad mehaanika seisukohalt, võimaldades puudutada materjalide tugevuse ehk ehitusmehaanika mõningaid elemente.

Raudtee veega varustamise seade, mis koosneb veetornist, jõumasinast koos pumbaga ja puurkaevust, on demonstreerimiseks parem objekt kui linna veevärk. Telegraafi, telefoni ja autoplokeerimise seadise vaatlus annab rikkalikumat ja kõige mitmekesisemat materjali elektri tegeliku kasutamise küsimustes.

Ekskursioon raudtee-depoosse ja remonttöökodadesse võib täielikult asendada külaskäiku metallide külmalt töötlemise ja osalt ka kuumalt töötlemise tehasesse.

V e d u r i juures võib tutvuda katlaga ja aurumasinaga, samuti ka mõningate mehaanika küsimustega, milleks õpitakse tundma ta jooksuseadist (raam ja rattad). Trammi ja elektrivedurit vaadeldakse alalisvoolumootorite ja nende kasutamise tutvustamiseks.

Ekskursioon aurikule seostub eelkõige kehade ujumise küsimusega ja konkretiseerib eriti laeva veeväljasurve küsimust. Tunduvat huvi pakub tutvumine nende vahenditega, mis panevad auriku liikuma vett mööda (rattad, propeller). Kuid peale selle võivad

tundmaõppimise objektideks olla auriku energeetiline osa (jõumasin, dünamo, elektrimootorid) ja tõstemehhanismid (vintsid, kraanad). Lennuki vaatlemiseks tuleb teha võrdlemisi suurt ettevalmistustööd, mis on väga oluline, selleks et võimalikul määral selgitada õhus lendamise põhimõtet ja lennuki üksikute osade ülesandeid. Kuna esimese kontsentri ametlik õppeprogramm ei näe ette lennuki lendamise printsiibi küsimust, siis tuleb ettevalmistus ja ekskursioon teostada väljaspool õppetundideks määratud aega.

5. Põllutöömasinad ja riistad. Tänapäeva linna-, seda enam aga maaõpilane, peab nii või teisiti saama kujutluse masinatest, mida kasutatakse põllumajanduses. See on seda tähtsam, et põllumajanduse kollektiviseerimine ja ta varustamine kõige täiuslikumate põllutöömasinatega on üheks põhieelduseks sotsialismi ülesehitamisel.

Põllutöömasinad ise aga ei saa olla iseseisvateks tundmaõppimise objektideks, sest see viiks õpetamise liialt kõrvale neist eesmärkidest, mis seatakse füüsika kursusele. Seepärast külaskäik traktorijaama tuleb pühendada peamiselt „traktori ja veoauto füüsika" tundmaõppimisele, kuigi seejuures võib ja peab vaatlema ka põllutöömasinate tööd.

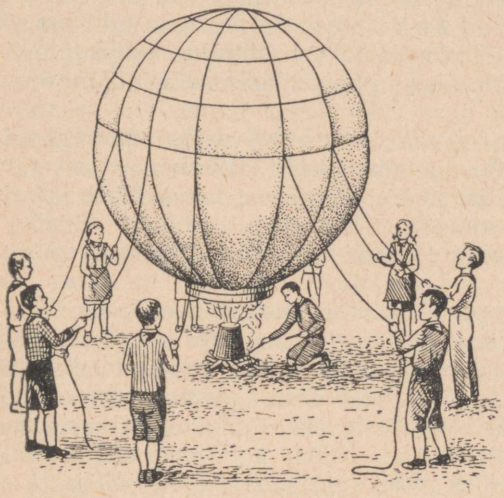
6. Ekskursioonid loodusse. Loodusse ekskursioonide korraldamise eesmärgiks on loomulikes tingimustes looduses kulgevate füüsikaliste nähtuste vaatlemine. Niisuguse ekskursiooni teostamise põhiraskus seisab selles, et õpetaja peab enne tegema suure eeltöö, määrates kindlaks füüsikaliste nähtuste ala, mida on ratsionaalne vaadelda just looduslikes tingimustes. Nende hulk peab olema sealjuures selline, et ekskursiooniks oleks küllaldaselt materjali ja ta ei muutuks lihtsalt jalutuskäiguks mõningate vaatlustega. Küllalt raskust teeb nähtuste rühmituse ja järjestuse kindlaksmääramine, selleks et õpilaste mõte voolaks mingit kindlat teed mööda, kontsentreerudes küsimustele, millel on üks või teine vastastikune seos. Selle nõude täitmine kohustab õpetajat aegsasti kavastama rea kindlaid teemasid, mis kuuluvad vaatlemisele, mitte aga tegelema nähtuste tundmaõppimisega selles juhuslikus korras, milles nad võivad esineda.

Aja puudusel on ratsionaalne korraldada üks ekskursioon loodusse pärast kogu kursuse lõpetamist, just 7-nda klassiga kevadel, kui kogu füüsika kursus on läbi võetud.[1] Õpilaste teadmised võimaldavad neil siis vaadelda kõige mitmekesisemaid nähtusi ja kasutada teadmiste kogusummat, mida nad on saanud esimeses kontsentris. Ekskursioon on seega omapäraseks lõppkokkuvõtteks, mis näitab õpilastele, kuidas võib füüsika-alaseid teadmisi rakendada füüsikaliste nähtuste seletamiseks looduses. Niisugune ekskursioon on, peale oma suure haridusliku väärtuse, üldiselt omapäraseks „elavaks" füüsika kursuse paljude alade kordamiseks.

[1] Niisugused jalutuskäigud on õieti öelda väga soovitavad, kuid nad ei saa toimuda õppeaja arvel.

Füüsikalisi nähtusi võib looduses vaadelda ka ilma eriekskursiooni organiseerimata, nimelt ekskursioonidel ühe või teise tehnilise objekti (vesiveski, traktori, põllutöömasinate jne.) vaatlemiseks.

Käesolevas käsiraamatus ei ole võimalik täpselt kindlaks määrata vaatluste temaatikat looduses, kuna see on sõltuv aastaajast ning ilmastiku tingimustest ja ka maastikust. Seepärast tuleb soovitada õpetajale, pärast üksikasjalikku tutvumist allpooltoodud kirjandusega, koostada reaalne plaan, sõltuvalt kohalikest tingimustest. Piirdume siin ainult väheste juhenditega, mis võiksid olla näidistena füüsika mõningate osade jaoks.



Joon. 78. Sooja õhuga täidetud õhupalli (montgolfier'i) õhkulaskmine.

Mõõtmised. Kaugustе mõõtmine sammudega ja aja järgi. Vee liikumiskiiruse mõõtmine jões. Eseme kõrguse mõõtmine tema varju järgi.

Tahked kehad, vedelikud ja gaasid. Mõnede kehade kõvaduse võrdlemine. Raudtee roobaste paigutus. Vee üleslükkejõu vaatlus (suplemisel). Künka kõrguse mõõtmine baromeetri abil. Õhu takistus. Lendavate mudelite (propeller, lohe, õhupall, purilennuk, lennuk) õhkulaskmine (joon. 78).

Soojus. Õhu ja mitmesuguste pinnaste temperatuuri võrdlemine. Pilved ja nende liigid; pilvede tekkimine ja „paksus". Sademed.

Akustika. Vette visatud kivi poolt veepinnal tekitatud lained. Vee kulgeva liikumise puudumine lainete levimisel (pilpa õõtsumine ühel kohal). Lainete peegeldumine laualt, palgilt või kaldalt. Lainete levimiskiiruse ja laine pikkuse ligikaudne mõõtmine. Kaja metsaserval. Hääle levimiskiiruse või kauguse ligikaudne mõõtmine visuaalse ja akustilise tähelduse vahelise aja järgi (kirve löök, pauk, veduri vile).

Optika. Sirgjoone tähistamine maastikul. Pilve liikumiskiiruse ligikaudne mõõtmine varju edasijooksmise järgi. Valgussignaalid peegli abil. Päikese kujutis läbi lehestiku. Valguse peegeldumine ja murdumine veepinnal. Päevapildistamine.

Loodusse ekskursioonide organiseerimise küsimuse lõpuks tuleb vihjata sellele, et kaasa tuleb võtta r i i s t u (mõõdulint, kell, kompass, baromeeter, termomeeter, peegel, fotoaparaat jms.) ja t ö ö r i i s t u (nuga, kirves jms.), mida võib vaja minna vaatlustel.

§ 31. Ekskursioonide organiseerimine ja teostamine.

1. Õpetaja ettevalmistus ekskursiooniks. Ekskursiooni ettevalmistus nõuab õpetajalt pikaajalist ja võrdlemisi pingerikast tööd. Ekskursiooni organiseerimine koosneb neljast põhietapist:

1) Ekskursiooni objekti valik ja õpetaja enda ettevalmistumine selleks.
2) Õpilaste ettevalmistamine ekskursiooniks.
3) Ekskursiooni teostamine.
4) Kokkuvõtlik lõppvestlus õpilastega.

Võib julgesti väita, et ekskursiooni edukus ja ta efektiivsus õpilaste jaoks on suurel määral tingitud töö esimesest etapist, s. o. objekti valikust ja õpetaja enda ettevalmistumisest ekskursiooniks. Füüsika õpetaja, alates oma tööd koolis, peab esiteks selgitama, missugused tehnilised objektid ja missugust tootmist leidub antud maakohas. Võimalikult üksikasjalik tutvumine nende objektidega ja tootmisega laiendab eelkõige õpetaja enda polütehnilist silmaringi, tõstes sellega tema kvalifikatsiooni ja aidates peale selle temal leida sobivaid objekte ekskursioonide organiseerimiseks.

Pärast objekti valikut õpib õpetaja teda tundma tehnilise kirjanduse järgi või konsultatsioonide varal kohalike kaastöölistega tootmise korduvatel külastamistel. Niisuguse tundmaõppimise tulemusena peab õpetaja olema niivõrd ette valmistatud, et suudab täiesti iseseisvalt läbi viia ja juhtida ekskursiooni, andes kohapeal õpilastele kõiki vajalikke seletusi. Ekskursiooni juhtimine just õpetaja, mitte aga tehase töötaja poolt on tema tõhususe peamiseks ja tähtsamaks pandiks. Tootmise poolt antud juht, näidates tootmisprotsessi või masinaid, annab harilikult seletusi sugugi mitte sellest seisukohast, mis on vajalik füüsika õpetamise ülesannete lahendamiseks. Niisugune juht valgustab küsimusi ainult tehnilisest küljest, kuid ei suuda vajalikul määral ning järjekorras esile tuua objekti või protsessi füüsikalist külge. Asjatundja-tehnik on ekskursiooni juures kasulik, kuna ta võib vastata õpilaste sellistele küsimustele, milles õpetaja, vaatamata ettevalmistusele, võib olla võhik. Õpetaja loobumine ekskursiooni juhtimisest, arvestamata tunduvat efektiivsuse vähenemist, viib peale selle tema autoriteedi kahanemisele õpilaste silmis, mis pole kaugeltki tühine asi.

Objekt ekskursioonile või vaadeldav protsess valitakse sõltuvalt seatud ja täpselt sõnastatud eesmärgist. Ekskursiooni eesmärgi kindlaksmääramise järel kavandab õpetaja tema sisu ja koostab konkreetse plaani tema teostamiseks. Seejuures tuleb hoolega valida ja näidata õpilastele protsessi seda külge, mis on kõige olulisem füüsika vaatekohalt, jättes teadlikult tähele panemata mõningad peenused, selleks et mitte üle koormata õpilasi muljetega ega hajutada nende tähelepanu. Ekskursiooni marsruudi kindlaksmääramine ja sellest täpne kinnipidamine on kohustuslik.

2. **Õpilaste ettevalmistamine ekskursiooniks.** Õpetaja poolt kavandatud ekskursiooni sisu ja plaan võimaldavad temal kergesti selgitada, missugust ettevalmistustööd tuleb teha õpilastega. Selle ettevalmistamise tulemusena peavad õpilased olema kõigi õpetaja käsutuses olevate vahendite abil tutvustatud objekti ja protsessi „füüsika ja tehnikaga" ning täpselt instrueeritud sellest, *millele* tuleb *pöörata tähelepanu*. Õpilaste jaoks koostatakse *küsimustik*, millega nad peavad tutvuma enne ekskursiooni, selleks et hiljem anda selle kohta kirjalikke vastuseid.

Ekskursioonieelsel ettevalmistamisel teatatakse õpilastele järgmised andmed:

1) Leiutise või avastuse lühike *ajalugu*.

2) Masina, objekti või protsessi *tähtsus* tehnikale üldse ja meie sotsialistliku ülesehituse jaoks eriti.

3) *Füüsika põhialused*, arvates siia hulka täiendavad füüsika-alased teadmised, mis on vajalikud protsessist arusaamiseks või objekti tundmaõppimiseks.

4) Objekti või protsessi *tehnika* (masina või hoone ehitus, teatmed tehnoloogiast, töötlemisprotsessi järjestus jms.).

5) *Küsimused* (füüsikalist laadi) õpilastele, mis nõuavad vastamist pärast ekskursiooni.

6) Juhendid käitumise ja distsipliini kohta ekskursioonil.

Niisugusel ettevalmistusel võib tekkida vajadus korraldada füüsika demonstratsioonkatseid ja kasutada näitlikke *õppevahendeid*, sealhulgas tingimata skemaatilisi joonestusi, mis tutvustaksid masinate või hoonete konstruktsiooniga.

Ettevalmistavaks vestluseks tuleb õpetajal aegsasti koostada selle plaan ning ette valmistada katseid ja vajaduse korral teha joonistusi, mis oleksid mõõdetelt küllalt suured nende nähtavuse tagamiseks. Ettevalmistus tuleb teostada mitte ekskursiooni päeval, vaid eelpäeval, et õpilased võiksid kodus läbi uurida vastavaid materjale ja põhjalikumalt tutvuda küsimustikuga. Kui selleks on mingi võimalus, siis on väga soovitav varustada õpilasi antud küsimusele vastava populaarse kirjandusega. Asja normaalsel korraldusel muretseb õpetaja vajalikul hulgal vastavaid brošüüre, hoiab neid kabinetis ja kasutab aastast aastasse. Kuna õppeplaan ei võimalda alati ettevalmistuseks küllaldaselt aega, siis võib organiseerida täiendava tunni, millega õpilased meeleldi nõustuvad, arvestades ekskursiooni. Õpilaste ettevalmistamise küsimuse lõpus tuleb alla kriipsutada selle *kohustuslikkust*.

Ilma niisuguse ettevalmistuseta on ekskursioon kui just mitte viljatu, siis tema efektiivsus on igatahes väga *väike*.

3. **Ekskursiooni teostamine.** Ekskursiooni aeg peab olema kooskõlastatud ettevõtte või tsehhi administratsiooniga ja vajaduse korral kohandatud neile kellaaegadele, kunas toimub üks või teine ekskursantidele eriti huvitav tootmisprotsess (näiteks malmi väljalaskmine sulatusahjust jms.).

Ekskursiooniks määratud aeg peab piirduma kõige enam $1^1/_2$—2 tunniga. Ekskursioonide kogemused näitavad, et väsimuse tunnused, muljetega ülekoormamise ja tajumis- ning omandamisvõime kahanemise tõttu, hakkavad ilmnema juba umbes tunni möödumisel.

Varem väljatöötatud vaatluste järjekorrast ning marsruudist tuleb tingimata kinni pidada. Distsipliin peab olema niisugune, et kõik õpilased järgneksid õpetajale ja kuulaksid tema seletusi. Mingil juhul ei tule anda õpilastele võimalust mitte ainult „laiali joosta", vaid isegi kõrvale kalduda teiste objektide vaatlemisele, peale nende, mida näitab õpetaja. See võib peale efektiivsuse vähenemise põhjustada õnnetusi tootmises, mille eest on esimeses järjekorras vastutav ei keegi muu kui õpetaja.

Ainult pärast ekskursiooni programmi täitmist võib näidata õpilastele organiseeritud korras seda, mis neid huvitab peale vaadeldu.

Õppeprotsessi organiseerimine ekskursioonil peab olema näiteks selline. Õpetaja näitab objekte või protsesse rangelt kindlas järjekorras. Pärast igaühe näitamist soovitatakse õpilastele läbi vaadata küsimustiku vastav osa selleks, et nad teeksid oma märkmikesse vajalikke skitse. Siis õpetaja vastab ise, või kasutades tehniku abi, neile küsimustele, mis esitatakse õpilaste poolt, ja pärast seda siirdub järgmise objekti või protsessi vaatlemisele.

4. Lõppvestlus. Lõppvestlust ekskursiooni materjalidest ei tule organiseerida järgmisel tunnil, ja seda vähem kohe pärast ekskursiooni lõppu. Õpilased peavad andma kirjalikke vastuseid ja kujundama jooniseid; alles pärast vihikute läbivaatamist ning õpilaste küsitlemist võib õpetaja otsustada ekskursiooni tulemuste üle ja parandada esinenud puudused ja vead järgnevas vestluses.

Kõige soojemalt võib soovitada organiseerida klassivälise töö korras õhtu, kus õpilased esinevad ettekannetega füüsika ja tehnika küsimustest, mis on seotud ekskursiooni teemaga, ja demonstreerivad nende poolt valmistatud kollektsioone, diagramme ja pilte.

5. Kirjandus. Ekskursioonide organiseerimise ja teostamise metoodika alalt väärivad suurimat tähelepanu artiklid ajakirjas «Физика в средней школе»:

Буренков, Физические экскурсии с учениками 6—7 классов, 1940, № 6.

Абалаков, Экскурсии в МТС и колхозы, 1949, № 4.

Лапина, Экскурсия по трактору СТЗ, 1941, № 7.

Tehnika küsimuste kohta pole võimalik esitada populaarsete raamatute kohta loetelu nende arvukuse tõttu. Ekskursioonide korraldamisel loodusse on kasulikud järgmised käsiraamatud:

I. A. B. Цингер, Начальная физика, изд. 12-е, 1928.

Suurt hulka materjali ja ka palju metoodilisi juhendeid ekskursioonide kohta loodusse võib ammutada selle raamatu järelsõnast: „Ühte ja teist füüsikast elavas looduses".

II. М. Ю. Пиотровский, Физика в летних экскурсиях, 1922.

Sisukord. Juurviljaaed. Linnaaed ja lilleaed. Heinaaeg. Põld ja viljalõikus. Tiik. Mets. Üksikasju mõningatest ekskursioonidest. Talu. Jõgi, järv. Vihm, äike. Päikese loojang ja kuupaistene öö.

III. М. Ю. Пиотровский, Физика на открытом воздухе, 1924.

Sisukord. Aed sügisel. Juurviljaaed sügisel; juurvilja kogumine ja tagavaraks säilitamine. Sügisene jalutuskäik väljapoole linna Öökülmad. Esimene lumi. Selge pakane päev. Sajab lund. Sulailm. Jääminek. Kevadine suurvesi. Füüsika koolimaja õuel. Kevadised tööd juurviljaaias ja põllul. Pisiasju füüsikast suurlinna tänavaelus.

Mõlemad Piotrovski raamatud sisaldavad väga rikkalikku, peaaegu ammendavat materjali küsimuse kohta „füüsika looduses". Füüsika küsimused on selgitatud üksikasjaliselt. Käsitlus on niisugune, et ta vahetult näitab, kuidas tuleb toimetada neid vaatlusi looduses. Autor ise on sealjuures nagu ekskursiooni juht.

IV. С. Жарков, Земная атмосфера, Учпедгиз, 1931.

Sisukord. Sissejuhatus (ilm). Atmosfääri soojusenergia. Õhu liikumine. Vesi atmosfääris. Atmosfääri elektrienergia.

Raamat on peale selle, et ta tutvustab meteoroloogia algmeid, haruldaselt kasulik õpetajale ettevalmistamisel ekskursiooniks loodusse.

V. Ф. Н. Красиков, Рабочая книга для школ крестьянской молодежи, 1925.

I ja II osa. Muld, ta ehitus, koosseis ning omadused. III osa. Päikesekiired ja põllundus.

Raamat ei sobi eeskujuks füüsika õpetamise korraldamisel. Ta on kasulik materjali hankimiseks küsimuse kohta „füüsika looduses"; seal on ka katsete kirjeldusi, mis selgitavad mõningaid looduses kulgevaid füüsikalisi nähtusi.

VI. А. В. Цингер, Занимательная ботаника, изд. 4-е, 1934.

VII. К. А. Тимирязев, Жизнь растений.

ÜHEKSAS PEATÜKK.

ÜLESANDED FÜÜSIKAST.

§ 32. Ülesannete lahendamise põhieesmärgid.

Iga füüsikaülesande lahendamine on endast väike uurimus, milles tuleb ühtesid või teisi füüsika mõisteid ning seaduspärasusi rakendada ülesande tekstis antud konkreetsele küsimusele. Üles-

annete lahendamise pedagoogiline mõte on selge, sest lahendamisel füüsikalised mõisted nende rakendamisel konkreetsele juhule selguvad, täpsustuvad, õpingud kinnituvad paremini õpilaste mälus.

Oma eesmärgilt jagunevad ülesanded kahte rühma: treening- ja füüsikalised või erijuhul füüsikalis-tehnilised ülesanded.

Treeningutüüpi ülesanded soodustavad füüsikaliste suuruste vahelistest sõltuvustest paremat arusaamist ja nende meelespidamist vastavate seaduspärasuste kohta teostatud reas arvutusprotsessides.

Treeningülesandeid kasutatakse ainult esialgu, kohe pärast ühe või teise seaduspärasuse kindlakstegemist tunnis. Seepärast domineerib neis küsimuse formaalne ning a r v u t u s l i k külg tema füüsikalise olemuse üle. Pärast seda, kui on omandatud oskused kasutada sõltuvust arvutusteks, kaob treeningülesannete vajadus antud küsimuses.

Ülesandeis, mida me nimetame f ü ü s i k a l i s t e k s, jääb arvutuslik külg oma tähtsuselt tagaplaanile, olles ainult v a h e n d i k s ühe või teise füüsikalise küsimuse või tema tegelike rakenduste lahendamisel.

Väga laialdaselt kasutatakse füüsikalisi ülesandeid, mida nimetatakse k ü s i m u s - ü l e s a n n e t e k s, kus tavaliselt arvutuslik külg p u u d u b täiesti.

Füüsikaliste ülesannete põhieesmärgiks on arendada õpilastes mõtlemist, mis avaldub *oskuses kasutada seadusi ning seaduspärasusi vaadeldavate nähtuste jõukohaseks seletamiseks ja ka* mõningate elukondlikku või tehnilist laadi *tegelike küsimuste lahendamiseks.*

Füüsikaliste ülesannete tähtsuse selgitamiseks tuleb tähele panna järgmist.

Harilikku tüüpi tundides, kui õpetaja esitab uut materjali, õpilased ainult j ä l g i v a d õpetaja poolt arendatavate loogiliste järelduste ahelat. Seejuures toimub peamiselt vaid teadmiste k o g u m i s e p r o t s e s s, mis on ainult vajalikuks t i n g i m u s e k s selleks, et õpilastes võiks mõtlemist arendada, ja kui see arendabki mõtlemist, siis vähesel määral. Mõtlemise arendamine aga toimub peamiselt õpilase i s e s e i s v a t ö ö käigus ühe või teise füüsikalise küsimuse lahendamisel. Alles sellest silmapilgust peale, kui õpilane hakkab füüsikas iseseisvalt mõtlema, kasutades temal olemasolevate teadmiste varu, hakkab avalduma tõelise, „elava", mitte aga ainult formaalse teadmise tekkimise protsess. Õpilasel hakkavad järk-järgult eostuma teadlikult tajutavad seosed ja tekib, kui nii võiks öelda, *„tunne" seosest* tema poolt *tunnis omandatud seaduspärasuste ning ümbritseva füüsikalise tõelisuse vahel,* olgu need siis kas loodusnähtused või mingisugused tehnilised objektid, milledega õpilane puutub kokku oma elus.

Mõtlemisprotsesside iseloomulikuks omaduseks füüsikaliste ülesannete lahendamisel on just m õ t l e m i s e i s e s e i s v u s, mis on

eriti täielik siis, kui õpilane lahendab ülesannet nagu kodust tööd. Ülesande lahendamisel klassitahvlil peab õpilane jääma täpselt samuti iseseisvaks; õpetaja osa seisab sealjuures ainult õpilase mõttekäigu suunamises.

§ 33. Treeningülesanded.

1. Treeningülesannete sisu. Treeningulaadi ülesannetel on puhtteeninduslik tähtsus.

Nende lahendamisel koondub õpilase kogu tähelepanu arvutuste sooritamisele ühe või teise tuntud sõltuvuse põhjal suuruste vahel ega komplitseeru vajadusega otsida lahendamise teid ning võtteid.

Treeningülesannete sisule ja lahendamisele on iseloomulikud järgmised põhimõtted:

1) Ülesande tingimus võib olla füüsika suhtes täiesti „abstraktne" või ka „lihtne".

„Abstraktse" sisuna tuleb mõista niisugust, kus andmed ei ole seotud elumiljöö mingite konkreetsete objektidega. Selliste ülesannete hulka kuuluvad näiteks:

I. Leida aine erikaal, kui sellest ainest keha kaalub 139 *G* ja ta ruumala on 53 cm^3.

II. Leida soojushulk, mis on vajalik 55 *kG* raskuse vasetüki soojendamiseks temperatuurist 20° kuni temperatuurini 80°.

III. Leida pinge elektrivooluringi lülitud, 20-oomise takistuse otstes, kui voolu tugevus vooluringis on 5 amprit.

On ilmne, et ka järgnevad ülesanded on treeningülesanded, kuigi nende tingimused kuuluvad kindlatele objektidele.

IV. Leida elektrilambi takistus, kui pinge puhul 120 *V* teda läbiva voolu tugevus on 0,5 amprit.

V. Leida elektrimootori võimsus, kui ta vajab pinge puhul 220 *V* voolu tugevusega 20 amprit.

2) Ülesande tingimuses antakse vahetult kõik need suuruse d, mis on vajalikud otsitava suuruse leidmiseks antud sõltuvuse abil.

Nii näiteks on kõigis eeltoodud ülesandeis vahetult näidatud kõik arvulised andmed, mis on vajalikud arvutamiseks. Seega võib nende ülesannete lahendamise taandada andmete asendamisele vastava sõltuvuse avaldisse (valemisse).

3) Esimesed treeningülesanded antud küsimuse kohta peavad algul kasutama sõltuvust tema põhiavaldises ja ainult hiljem tema kaudsetes (tuletatud) kujudes. Esimestes ülesannetes kasutatakse sõltuvusi nende põhikujus, näiteks:

$$e = \frac{P}{V}; \quad I = \frac{U}{R}; \quad N = U \cdot I \text{ jms.}$$

ja alles pärast arvutustehnika omandamist kasutatakse tuletatud valemeid:

$$P = V \cdot e \quad \text{ja} \quad V = \frac{P}{e};$$

$$U = I \cdot R \quad \text{ja} \quad R = \frac{U}{I};$$

$$I = \frac{N}{U} \quad \text{ja} \quad U = \frac{N}{I}.$$

Kõikidest eespooltoodud ülesannetest ainult viies (V) kasutab sõltuvust tema kaudses avaldises; ülejäänud ülesandeis kasutatakse põhiavaldisi.

2. Nõuded õpilastele. E s i m e n e treeningülesanne antud küsimuse kohta l a h e n d a t a k s e õ p e t a j a enda poolt ühiselt õpilastega, selleks et tutvustada neid mitte üksi sõltuvuse kasutamisega arvutusteks, vaid ka kõikide üleskirjutuste eeskujuga.

Treeningülesannete lahendamisel õpilaste poolt peab õpetaja taotlema järgmiste tingimuste täitmist:

1) Kinnipidamist rangelt kindlast k o r r a s t arutlustes ning ülesande l a h e n d u s e k ä i g u s ja vastavate ü l e s k i r j u t u s t e kujundamist (andmed, otsitav, joonis, lahendus ja vastus). Selle küsimuse põhjalikumat arutlust vt. §§ **39** ja **40**.

2) Oskust rakendada sõltuvust (valemit) arvutuslikeks eesmärkideks nii põhi- kui ka tema tuletatud avaldistes.[1]

3) Oskust kasutada ülesannete lahendamiseks vajalikke a n d m e i d t a b e l i t e s t (erikaalud, erisoojused, eritakistused jms.).[2]

4) Oskust teostada nii m õ õ d u ü h i k u t e ülestamisi ning peenestamisi kui ka nende nimetuste k i r j a p a n e k u t lahenduse käigus ja resultaadis.

5) Kujutlust vajalikust arvutuste t ä p s u s e j ä r g u s t.[3]

§ 34. Füüsikalised ülesanded.

1. Füüsikaliste ülesannete põhimine iseärasus. Füüsikaliste ülesannete lahendamisel peab õpilase tähelepanu koonduma vaadeldava küsimuse f ü ü s i k a l i s e l e o l e m u s e l e või mõttele, mitte aga matemaatilist laadi operatsioonidele. Füüsikaline ülesanne peab esitama küsimuse, sidudes erisuguseid tõsiasju või püstitades mingi uue vaatekoha tundmaõpitud nähtustele, mis konkreetsel juhul on esitatud ülesande tingimuses. Arvutuslik külg aga, kui ta ka ei puudu, peab olema lõppetapiks pärast seda, kui küsi-

[1] Konkreetseid märkmeid nende küsimuste kohta vt. metoodilistes juhendites (§§ **58—111**).

[2] Konkreetseid märkmeid nende küsimuste kohta vt. metoodilistes juhendites (§§ **58—111**).

[3] Õpetaja jaoks on seda küsimust käsiteldud küllalt selgelt ja põhjalikult Tsingeri ülesannete kogu sissejuhatavas peatükis ligikaudsetest arvutustest.

muse füüsikaline külg on sisuliselt lahendatud, s. o. on leitud arvutamise käik. Kasutatakse ka niisuguseid füüsikalisi küsimus-ülesandeid, milledes füüsikalise küsimuse lahendamine toimub hoopis ilma arvutuseta.

Seega seisab füüsikaliste ülesannete iseloomulik erisus selles, et õpilane peab kasutama täiesti iseseisvaid järeldusi, ehk teiste sõnadega — oma taipu lahendustee leidmiseks või arvutuse tulemuse kasutamiseks ühe või teise füüsikalise küsimuse selgitamisel.

Öeldu illustreerimiseks toome näiteid (mitmesuguses raskuses) füüsikalistest ülesannetest:

I. Leida männipuust laua kaal, kui laua pikkus on 4 *m*, paksus 5 *cm* ja laius 25 *cm*.

Antud ülesandes ei ole mingeid otseseid juhendeid vajaduse kohta kasutada siin erikaalu „valemit". Õpilane peab ise seda taipama, mis ei ole temale aga sugugi lihtne asi, seda enam, et laua ruumala on toodud ülesande tingimustes „maskeeritud" kujul.

II. Aia teeraja laius on 2 *m*. Kui pikalt saab seda teerada katta 0,5 *cm* paksuselt liivaga, kui liiv on kohale toodud 3-tonnise veoautoga, mis on täis laaditud lubatavuse piirini?

See ülesanne nõuab samuti esialgu mõtlemist tema lahendamise tee leidmiseks ja on muuseas raskem, võrreldes I ülesandega.

III. Kas võib 50 *g*-ne jäätükk ära sulada, asetatuna 200 *g* vee sisse, mille temperatuur on 20°?

See on ebaharilik küsimuse seade õpilasele, kes on harjunud pidama tulemuseks enamasti üht või teist arvulist suurust, mispärast ei saa seda ülesannet vaadelda treeningülesandena. Ülesanne nõuab erisugust taipu.

IV. Elektriteekannu kütteelemendi takistus on 24 oomi. Leida selle võimsus, kui pinge on 120 volti.

Vt. juhendit II ülesandele.

2. Füüsikaliste ülesannete lahendamise tähtsus.

Võttes kokku eespool I jaos öeldut, sõnastame juhtlaused, mis iseloomustavad ülesannete lahendamise tähtsust:

1) Ülesannete lahendamine edendab selgusele jõudmist tundmaõpitava materjali füüsikalises olemuses.

2) Ülesannete lahendamine võimaldab süvendada ja laiendada õpilaste teadmisi füüsikast.

3) Ülesannete lahendamine võimaldab kasutusele võtta valemeid esialgu kui aritmeetiliste tehete „lühendatud tähistamise meetodit".

4) Ülesannete lahendamine ergutab õpilasi füüsika seaduste kasutamisele nähtuste iseseisvaks seletamiseks.

5) Ülesannete lahendamine edendab füüsika teadmiste kasutamist ühtedel või teistel tegelikel juhtudel.

6) Treeningülesannete ja selle järel ka füüsikaliste ülesannete lahendamine varustab õpilasi arvutustehniliste oskustega.

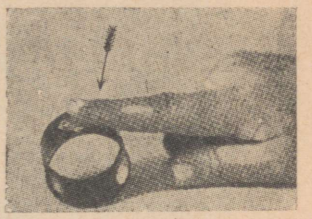
7) Lõpuks soodustab ülesannete lahendamine tunduval määral füüsika seaduste, mõistete ja definitsioonide kinnistamist mällu.

3. Lahendamise võtted. Vaatleme, missuguseid võtteid kasutatakse füüsikaliste ülesannete lahendamisel ja kuidas liigitada ülesandeid vastavalt nende võtete rakendamisele.

1) Ülesanded, mis nõuavad katselist lahendamist, mis seisab katsete või ühtede või teiste mõõtmiste teostamises või lõpuks nähtuse reaalses vaatlemises. [1]

Niisuguste ülesannete hulka kuuluvad näiteks järgmised:

I. Kuidas hakkab salvrätiku rõngas liikuma lauda mööda, kui temale suruda näpuga nii, et ta libiseks näpu alt välja (joon. 79)? Seletada vaadeldavat nähtust.



Joon. 79. Kuidas hakkab liikuma rõngas, kui teda suruda näpuga (I ülesande juurde).

Ülesanne on lahendatav ainult katse abil, sest tulemus osutub täiesti uudseks ja veel enam — ootamatuks õpilastele. Rõngas veereb edasi ja siis pöördub tagasi. Õige seletuse leidmiseks tuleb teha mitu katset ja nad läbi uurida.

II. Missugune optika seadus on kehtiv ka mehaanikas ja on rakendatav pallile, mis lööb vastu seina ja põrkab sellelt tagasi?

Ülesanne vajab ilmselt katselist lahendamist kohapeal koos „langemis- ja peegeldumisnurga" mõõtmisega.

III. Leidke oma keha rõhk põrandale, kui te seisate sellel mõlema jalaga?

See ülesanne, nagu kergesti nähtub, on lahendatav ainult pärast seda, kui on katseliselt leitud saabaste toetuspinna suurus, s. o. pärast teatavat mõõtmist (joon. 80).

IV. Kus tekib talvel suurte külmadega uksel härmatis, kas all, keskel või üleval ja missugusel ukse poolel, kui ta viib soojast külma ruumi? Seletage nähtust.

Nähtus on vähe tuntud või hoopis tundmata õpilasele, mille tõttu ta vajab eelkõige vaatlust. Lahendus seisab ukse all ja ülal härmatise tekkimise fakti põhjuste seletamises.

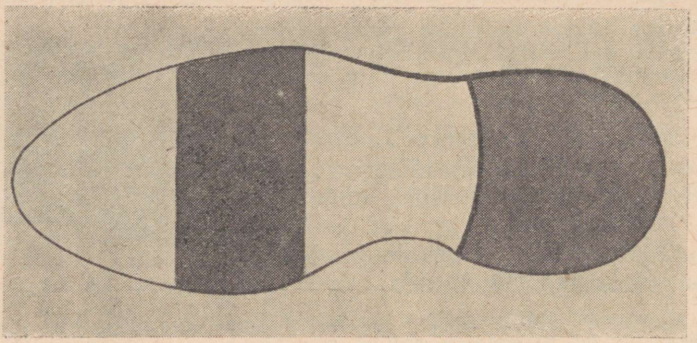
Niisugused ülesanded, mis nõuavad oma lahendamiseks katset, mõõtmist või vaatlust, võib täie õigusega nimetada katselisteks. Neid kasutatakse peamiselt õpilaste koduse töö üles-

[1] Laboratoorseid töid ei saa arvata vaadeldavate ülesannete rühma hulka, sest nende põhieesmärgiks on puht katselist laadi oskuste andmine õpilastele. Kuid samaaegselt võib mõningaid neist vaadelda ülesannetena — vähemalt neid, mida kasutatakse mingi uue nähtuse vaatlemiseks või konstandi mõõtmiseks.

andeis, mille kohta vt. metoodilisi juhendeid (§§ 58—111). Mõningaid neist on võimalik lahendada ka klassis; kuid nad sobivad enam klassiväliseks tööks (ringid, füüsika ettekannete õhtud jms.).

Katseliste ülesannete suur väärtus seisab selles, et nad harjutavad kasutama katseid ja vaatlusi ühtede või teiste füüsikaliste küsimuste lahendamiseks.

2) Ülesandeid, mis nõuavad lahendamiseks ainuüksi kaalutlemist, ilma matemaatilist laadi arvutuste, katse jms. kasutamiseta. Neid ülesandeid võib nimetada küsimus-ülesanneteks. Peale selle nimetatakse neid teinekord, võib-olla vähe ebaõnnestunult, taipamisülesanneteks ja ka mõtlemisülesanneteks. Need üles-



Joon. 80. Saapa toetuspinna suuruse leidmine ruudulise paberi abil (III ülesande juurde).

anded on tohutu tähtsusega füüsika õpetamisel. Nende üksikasjalik iseloomustus ja ülesannete näited on antud § 35.

3) Ülesanded, mis nõuavad lahendamisel aritmeetiliste või algebraliste operatsioonide rakendamist.

Selles ülesannete tüübis toimub üks või teine arvutus kas aritmeetilisel teel või kasutatakse algebralisi valemeid või võrrandeid. See on kõige levinum ja üldtuntud ülesannete tüüp. Niisuguseid ülesandeid võib täie õigusega nimetada füüsikalisteks arvutus-ülesanneteks. Selliste ülesannete tüüpilisi näiteid on toodud § 34, 1, kus on ka näidatud tunnused, mis eraldavad neid treening-ülesannetest.

Erilise tähtsusega treeningülesannete hulgas on võrrandite koostamist nõudvad ülesanded, mis on täiesti võimalik 7. klassis.

4) Ülesanded, mis vajavad graafilist lahendamist või nõuavad lahendamiseks joonestise kohustuslikku rakendamist.

Selliste ülesannete hulka kuuluvad näiteks:

V. Leida, millisel kaugusel kumerast läätsest tekib eseme kujutis, kui läätse peafookuse kaugus on 20 *cm* ja ese on paigutatud 30 *cm* kaugusele läätsest. Samuti leida, mitu korda on kujutis oma mõõdetelt suurem või väiksem esemest.

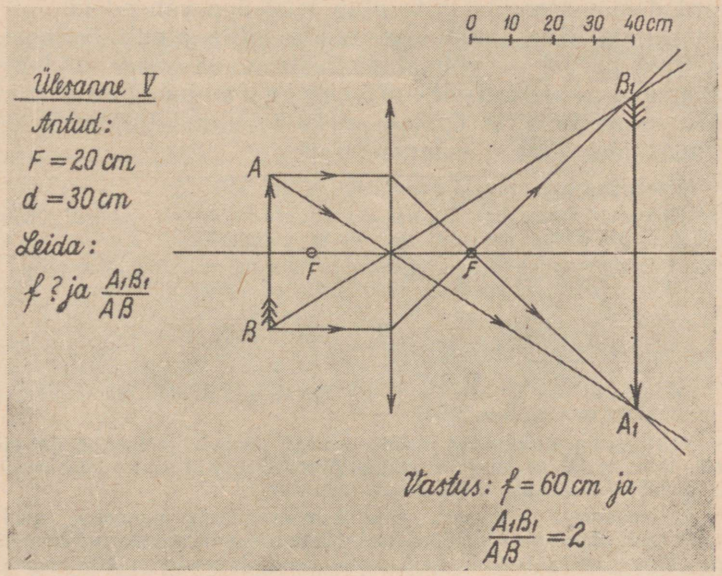
Kuna 7. klassi õpilastele on tundmata sõltuvus

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$

siis nõuab ülesande lahendamine vastavat joonestist ja tulemuse leidmist mõõtmise abil (joon. 81).

Graafikute kasutamise küsimust ülesannete lahendamisel on vaadeldud § **37**.

Niisiis, kui asuda ülesannete liigitamisele kasutatavate lahendusviiside järgi, siis võib füüsikalisi ülesandeid jaotada katselisteks ülesanneteks, küsimus-ülesanneteks, arvutusülesanneteks ja graafiliselt lahendatavateks ülesanneteks.



Joon. 81. Konstruktsioon kujutise kauguse ja tema suurenduse leidmiseks (V ülesande juurde).

On endastmõistetav, et ei saa (ega ole vajagi) ülesandeid rangelt piiritella vastavalt antud liigitusele, seda enam, et mõned ülesanded vajavad oma lahendamiseks nii ühtede kui ka teiste lahendusvõtete kasutamist koos.

4. Ülesannete tingimuste sisu. Vaatleme, missugune võib olla füüsika ülesannete sisu nende tingimuste tekstis. Treeningülesannete sisul ei ole olulist, õigemini — määravat tähtsust, kuid teda ei saa siiski tunnistada tühiseks, nagu seda selgitasime juba eespool (§ **33**, 1). Füüsikalist laadi ülesannetes on sisul esmajärguline tähtsus ja teda määratleb nende vahetu otstarve või eesmärk.

Enne kui üle minna füüsikaliste ülesannete sisu iseloomustamisele, tuleb märkida, et seitsmeklassilise kooli õpilaste vanuselise koosseisu ja arengu kohaselt ei saa ülesande sisu olla abstraktne, vaid ülesandes esitatud küsimust tuleb nii või teisiti konkretiseerida. Antud arenemisjärgus on õpilased oma enamuses suured realistid, ja kuigi neid võib panna lahendama küsimusi, millel pole otsest seost ümbritseva elu ja praktikaga, huvitada neid selliste küsimustega ei saa.

Ülesannete tingimuste sisu peab olema niisugune, et õpilastel oleks selge, missugune tähtsus võib olla selletaolise ülesande lahendamisel. Seejuures tuleb mõningatel juhtudel sisu arendamise ja selgitamise otstarbel õpetajal öelda kas või mõnedki sõnad ja teinekord demonstreerida pilte ning teisi õppevahendeid.

Õnnestunud sisu annab end tunda mitte ainult õpilaste huvi tõusus, vaid peaasi — võimaldab neile teada saada midagi uut või vähemasti „füüsikaliselt" mõtestada juba tuntut.

Tuleb tunnustada, et õpetaja oleks toiminud tingimata õigesti, kui näiteks järgmiste ülesannete sisu:

VI. Missugune osa ujuvjää ruumalast on vee all?

VII. Koormus raskusega 70 *kG* on tõstetud 25 sek. jooksul 20 *m* kõrgusele. Leida sooritatud mehaaniline töö ja võimsus.

VIII. Dünamo annab voolu tugevusega 20 amprit 120-voldise pinge korral. Arvutada dünamot liikumapaneva jõumasina võimsus, kui dünamo kasutegur on 80% —

ta oleks teisendanud selliselt:

IX. Missugune osa ruumalast põhja meredes ujuvatel jäämägedel on vee all ja missugune osa on vee peal?

X. 70 *kG* raskune inimene jooksis kiiresti 25 sek. jooksul maja viiendale korrusele, mis on 20 *m* kõrgusel (Maa pinnast). Kui suure mehaanilise töö sooritas ja millist võimsust arendas see inimene?

XI. Automootorite võimsuse kindlaksmääramiseks pannakse neid ringi ajama dünamot, kusjuures mõõdetakse dünamo poolt antava voolu pinget ja tugevust. Niisugusel katsel dünamo andis voolu tugevusega 200 amprit pinge puhul 120 volti. Arvutada jõumasina võimsus, kui dünamo kasutegur on 80%.

Tingimuste niisugusel teisendamisel muutuvad ülesanded „elulisteks", kusjuures mingil määral ei vähene nende füüsikaline ega arvutuslik külg. Seejuures ainult õpetaja mõne selgitava sõna põhjal saavad õpilased teada:

a) miks näivalt väikesed jäämäed on tõsiseks hädaohuks aurikutele (aurik „Titanic'u" hukkumine);

b) et inimene võib lühikeseks ajaks arendada võimsust kuni 1 HJ ja enam;

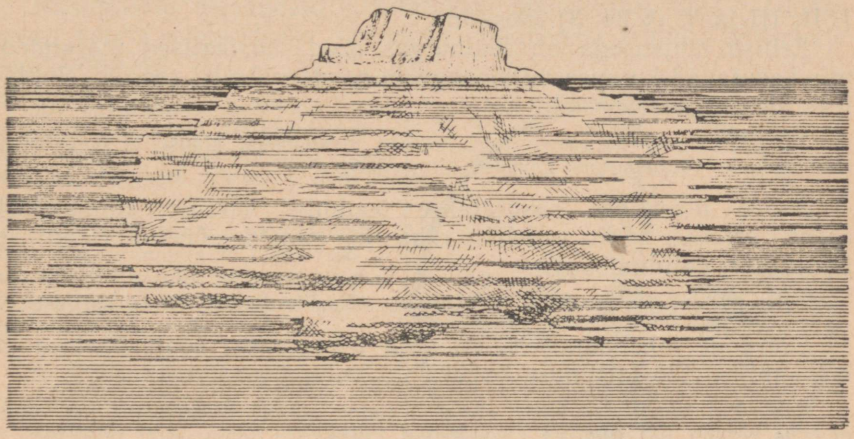
c) kuidas saab võrdlemisi lihtsa ja peaasi — õpilastele arusaadaval viisil mõõta jõumasina võimsust.

Kõik see osutub seda enam tähtsaks, et füüsika õpetamise üheks põhieesmärgiks on sidemete loomine füüsika kui teaduse ja elu vahel, mõistes viimasega loodust, tehnikat ja igapäevase elu praktikat.

Vaatame nüüd, missugune võib olla füüsikaliste ülesannete sisu ülesseatud eesmärkide kohaselt (§ 34, 2).

Mõnedes metoodikates leidub tendentsi jaotada ülesandeid füüsikalisteks ja tehnilisteks või isegi tootmisalasteks, mõistes viimastega „neid ülesandeid, mis seatakse ja lahendatakse tsehhide, tehaste ja tehnilistes büroodes". [1]

Sel puhul tuleb märkida järgmist. Tehniliste või tootmisalaste ülesannete lahendamine sel kujul, nagu neid lahendavad insenerid ja tehnikud, on kahtlemata kättesaamatu ja tarbetu õpilastele mitte ainult füüsika esimese, vaid ka teise kontsentri õppimisel.



Joon. 82. Jäämäe veealuse ja veepealse osa suhteline suurus (vt. ka joon. 48) (IX ülesande juurde).

Tõepoolest, tehnikas toimuvad igat liiki arvutused enamasti hoopis teisel teel ja teistsuguste võtetega, võrreldes nendega, mida kasutatakse koolis elementaarsete teadusalaste teadmiste põhjal. Tootmisalastes tehnilistes arvutustes rakendatakse suurel määral valemeid, mis on enamasti empiirilised ja erinevad teoreetilisel teel saadud sõltuvustest, graafikuid, nomogramme, tabeleid jms. Tootmisalased arvutused sooritatakse formaalselt ja mehaaniliselt. Nii näiteks ei hakka insener arvutama juhtme elektritakistust või pinget tema otstel valemite järgi:

$$R = \varrho \cdot \frac{l}{S}\,; \quad U = I \cdot R,$$

vaid võtab vajalikud andmed vastavatest tabelitest või graafikutest.

---

[1] И. И. Соколов, Методика физики, стр. 117.

Mõningaid tehniliste arvutuste elemente aga, mida saab tutvustada ülesandeis, ei saa lugeda kaugeltki nende küsimuste lahendamise võteteks tehnikas.

Arutame läbi ainult nende ülesannete füüsikaliste tingimuste sisu, mis vajavad lahendamiseks arvutusi. Küsimus-ülesannete kohta vt. § **35**.

1. Ülesande sisu on puhtfüüsikaline, ilma mingisugust tegelikku laadi küsimusteta.

Neis ülesannetes esitatakse üks või teine küsimus füüsikast ja selle lahendamine viib füüsika teadmiste suurenemisele ja konkretiseerumisele. Selliste ülesannete hulka kuuluvad: III, IV (§ **34**, 1), I, II, III ja V (§ **34**, 3) ülesanne.

Erilise tähtsusega on sealhulgas need füüsikalised ülesanded, mis kasutavad kursuse mitmesuguste osade vahelisi seoseid. Sellisteks ülesanneteks on näiteks:

XII. Missuguse kõrguseni tuleb kallata elavhõbedat klaasi, et elavhõbeda rõhk põhjale võrduks ühe tehnilise atmosfääriga?

Selles ülesandes kasutatakse teadmisi kursuse kolmandast osast: erikaal, raske vedeliku rõhk ja gaaside õpetus (tehnilise atmosfääri definitsioon).

XIII. Mille võrra soojeneb vesi koses, milles ta langeb 70 *m* kõrguselt? [1]

Ülesande lahendamiseks on vaja teada seost soojusõpetuse ja mehaanilise töö küsimuse vahel.

XIV. Kui suurt auru hulka annab 1 tunni jooksul elektrikeetja, kui voolu tugevus võrdub 100 ampriga pinge puhul 220 *V*?

Ülesanne puudutab küsimusi kursuse osadest: aurumine ja Joule'i-Lents'i seadus.

2. Ülesande ajalooline sisu. Selline sisu tõstab õpilaste huvi ja tutvustab neid mõningate andmetega füüsika ajaloost.

Seda tüüpi ülesannete hulk aga, mis nõuaks arvutamist, on üsna piiratud; enamik neist kuulub küsimus-ülesannete hulka.

XV. Leida, missugusest metallist, kas hõbedast või kullast, oli kroon, mille kuningas Hiero andis uurimiseks õpetlasele Arhimedesele, kui selle oletatav kaal oli 2,8 *kG*, ruumala aga 200 cm^3.

XVI. Õpetlane Aristoteles, kes elas IV sajandil e. m. a., leidis, et õhuga täispuhutud nahkkott ja sama kott õhutühjalt, lamedaks litsutuna, kaaluvad ühepalju. Selle õige katse põhjal ta tegi väära järelduse, et õhul ei ole kaalu. Selgitage, miks niisugune järeldus on ebaõige.

XVII. Maa kerakujulisuse õpetuse ümberlükkamiseks esitati keskajal niisugune joonis (joon. 83). Seletage, miks see joonis ei sobi ümberlükkamiseks.

XVIII. Kui suurt raskust oli vaja poolkerade lahutamiseks Guericke katses (joon. 4), kui nende pindala oli (oletatavasti) 0,14 m^2?

3. Ülesande sisu kuulub füüsikalistesse nähtustesse looduses.

---

[1] Oletusel, et langemise kogu töö muundub soojuseks.

Selle ülesannete tüübi eesmärgiks on tutvustada ja selgitada mõningaid nähtusi, mida täheldatakse loomulikkudes tingimustes, s. o. looduses endas.

Niisuguste ülesannete hulka kuuluvad näiteks järgmised:

XIX. Leida vee[1] rõhk mere kõige sügavamas kohas Filipiini saarte juures, kus mere sügavus ulatub kuni 10830 *m*.

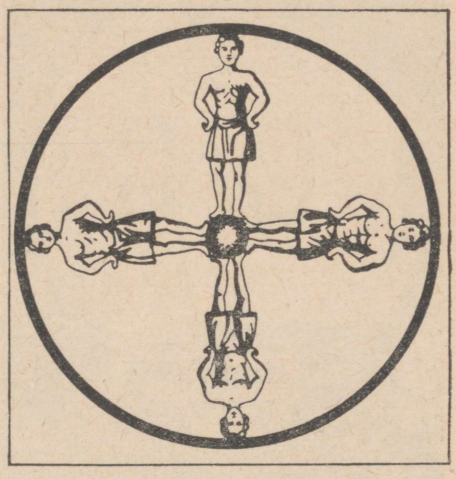
Enamik seda tüüpi ülesandeid kuulub küsimus-ülesannete hulka, sest nad sisaldavad vähe arvutusi.

4. Ülesannete sisus vaadeldakse e l u l ä h e d a s t l a a d i k ü s i m u s i.

Niisuguseid ülesandeid kasutatakse igapäevases elus rakendatavate võtete seletamiseks, samuti ka elulähedase tehnika küsimuste lahendamiseks.

XX. Missuguseid küttepuid, kas männi- või kasepuid, on kasulikum osta kaaluga (kilogrammides) ja milliseid ruumala järgi (ruumimeetrites)?[2]

XXI. Kui palju petrooleumi põleb ära priimuses 2 *l* vee soojendamisel kastrulis temperatuurist 10° kuni keemiseni? Priimuse kasuteguriks lugeda 40%.



Joon. 83. Keskaegsest raamatust võetud pilt, mida kasutati Maa kerakujulisuse ümberlükkamiseks.

5. Ülesannete sisu kuulub t e h n i k a küsimustesse.

Sellised ülesanded on ette nähtud selleks, et tutvustada tehniliste arvutuste algmetega, samuti seose näitamiseks füüsika ja tehnika vahel. Niisugusteks ülesanneteks on näiteks järgmised:

XXII. Korgist päästerõngas kaalub 12 *kG*. Kui suurt raskust on suuteline see päästerõngas kandma vee peal, kui ta vajub vette pooleni?

XXIII. Õhupall ruumalaga 1500 m^3 on täidetud vesinikuga. Õhupalli kest ja gondel kaaluvad 250 *kG*. Mitu inimest võib see õhupall üles tõsta?

XXIV. Kui kaua peab töötama pump võimsusega 50 kilovatti, selleks et välja pumbata 150 *m* sügavusest kaevust 200 m^3 vett?

XXV. Sisepõlemismootori kasutegur on 20% ja ta arendab võimsust 50 *HJ*. Leida petrooleumi hulk, mille mootor põletab ära 1 tunni jooksul.

XXVI. Mitu elektrilampi võimsusega 40 vatti võib põlema panna kolhoosi elektrijaama vooluga, kui vesiturbiini võimsus on 100 *HJ* ja seadme kasutegur 70%?

---

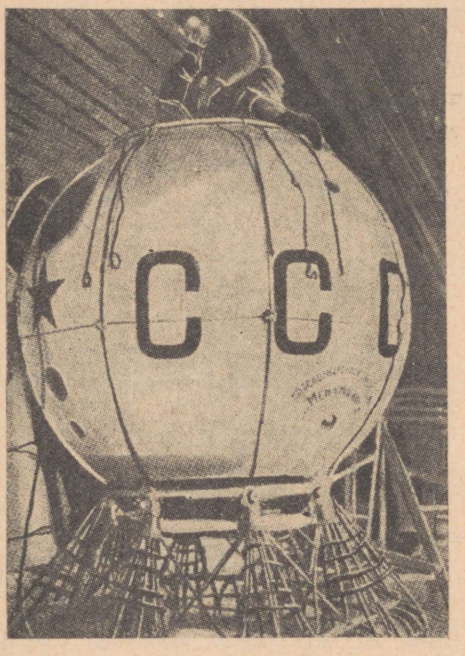
[1] Lihtsuse mõttes võib vee tihedust mitmesugustes sügavustes lugeda ühesuguseks.

[2] Küttepuude kütteväärtus on: kasepuudel 3150 *kcal* ja männipuudel 3200 *kcal* kilogrammi kohta.

6. Ülesande sisu peegeldab meie sotsialistliku ülesehituse edusamme.

Niisuguste ülesannete materjali tuleb õpetajal endal ammutada jooksvast perioodilisest ajakirjandusest, sest õpikute ja ülesannete kogude materjal on harilikult juba vananenud. Sellise sisuga ülesannete näideteks on:

XXVII. Nõukogude õhusõitjad tõusid 1933. a. stratostaadiga „CCCP" 19 *km* kõrgusele (joon. 84). Leida graafiku abil õhurõhk sel kõrgusel.



Joon. 84. Stratostaadi gondel (XXVII ülesande juurde).

XXVIII. Kui mitme töölise töö vastaks Dnepri hüdroelektrijaama võimsusele, kui sõja läbi tekitatud purustuste taastamise järel tema võimsus on 558000 kilovatti? Töölise võimsust 8-tunnise tööpäeva korral võib lugeda võrdseks 0,1 *HJ*-ga.

7) Ülesannete sisu sisaldab andmeid sõjaasjanduse alalt.

Selliste ülesannete eesmärgiks on näidata füüsika kasutamist sõjaasjanduses. Niisugust tüüpi ülesannete hulka kuuluvad näiteks sellised:

XXIX. Kui suure keskmise kiirusega laskus alla langevari koos võitlejaga, kui 1,5 *km* kõrguselt võitleja laskus maapinnale 5 minuti jooksul?

XXX. Mitu ujukit on vajalik suurtüki viimiseks üle jõe, kui suurtükk kaalub 1500 *kG*? Ujuki kaal on 2,1 *kG* ja tema ruumala on 63 dm^3.

Ülesannete lahendamisel tehnika alalt tuleb näidata raamatuist vastavaid pilte, mis konkretiseerib ülesande tingimusi ja tõstab tunduvalt huvi selle vastu.

§ 35. Küsimus-ülesanded.

1. **Küsimus-ülesannete tähtsus.** Küsimus-ülesanded on füüsikaliste ülesannete eri liigiks, millede lahendamist iseloomustab arvutuste täielik puudumine.

Eelkõige tuleb piiritella kordavat laadi küsimusi küsimustest, mis on teataval määral kvalitatiivset laadi ülesanneteks ja vajavad lahendamist.

Kordavat laadi küsimused antakse õpetaja poolt tunnis või esitatakse õpikuis. Neid kasutatakse kontrollimiseks, kuivõrd õpilased on omandanud läbitöötatud materjali. Need küsimused harilikult ei nõua iseseisvat järeldamist ja seepärast võib saadud vastuste järgi otsustada enamasti ainult teadmiste formaalse omandamise üle.

Kordavat laadi tüüpilisteks küsimusteks teemale „Vedelikkude omadused" on näiteks sellised:

Missuguste omadustega vedelikud erinevad tahketest kehadest?
Missugune kuju on vedeliku vabal pinnal?
Missuguseid anumaid nimetatakse ühendatud anumateks? Tooge näiteid.
Kuidas jäävad püsima vedeliku tasemed ühendatud anumates?
Kuidas on ehitatud veemõõduklaas ja kus seda kasutatakse?

Küsimus-ülesanded ei nõua ainult formaalseid teadmisi, vaid ka oskust kasutada neid teadmisi looduses, igapäevases elus, tehnikas jms. esinevate õpilaste poolt tundmaõpitud mitmesuguste füüsika seaduspärasuste seletamiseks. Küsimus-ülesanded vajavad loogilist järeldamist ja iseseisvat tuletamist.

Küsimus-ülesanded on ka heaks kriteeriumiks otsustamisel, kas teadmised on ainult formaalsed, s. o. järeldamiseks teadmiste formaalsuse määra kohta. On iseloomulik, et küsimus-ülesannete lahendamine formaalsete teadmiste korral osutub õpilastele raskemaks kui arvutusülesannete lahendamine.

Siit järeldub küsimus-ülesannete kui mõjuva vahendi tohutu tähtsus võitluses formalismiga. Seepärast on ka tunniks ettevalmistumisel õpetaja eriliseks mureks selliste ülesannete valimine.

2. Küsimus-ülesannete sisu. Küsimus-ülesandeid võib jaotada tingimuse sisu järgi samadeks rühmadeks, nagu arvutuslaadi ülesandeidki (§ 34, 4). Käesolevas seoses on siiski kohasem vaadelda küsimus-ülesannete sisu mõnevõrra teisest seisukohast.

1) Küsimus-ülesanded võivad kuuluda eelkõige looduse või igapäevase elu nähtuste ringi, mis on õpilastele juba tuttavad või mida nad võivad vaadelda, näiteks:

I. Miks puistatakse talvel kõnniteedele liiva või tuhka?
II. Miks kange külmaga uisud ei libise küllalt kergesti jääd mööda?
III. Miks külma ilmaga raud „katsudes" näib külmemana kui puu?
IV. Miks suvel päikese käes on mustas riietuses palavam kui valges?
V. Miks selgetel öödel on hommikuks külm kangem kui pilvise taevaga?

2) Tunduv hulk küsimus-ülesandeid esitatakse mitmesuguste igapäevase elu praktiliste võtete füüsikalise olemuse selgitamiseks, näiteks:

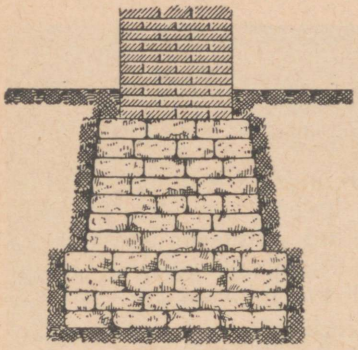
VI. Miks tuleb petrooleumi puudumisel lampi, millel on lühike taht, kallata pisut vett?

VII. Missuguseid abinõusid võib koduperenaine tarvitusele võtta, selleks et supp seisaks keedupotis võimalikult kaua kuum, jäätis aga ei sulaks nii ruttu ära?

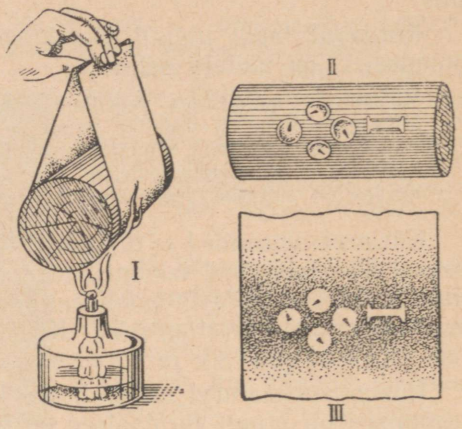
VIII. Miks ei saa praadida kartuleid, liha, pirukaid jms. ilma rasvata?

IX. Miks ei saa rasvase lapiga ära pühkida mahaläinud vett?

X. Miks on laual siis valgem, kui elektri- või petrooleumilaualambile teha hele lambivari?

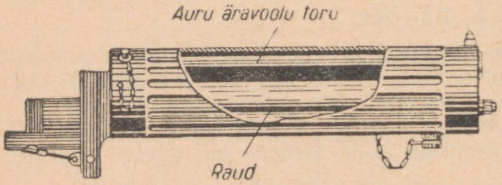


Joon. 85. Hoone vundamendi laienemine (XVII ülesande juurde).

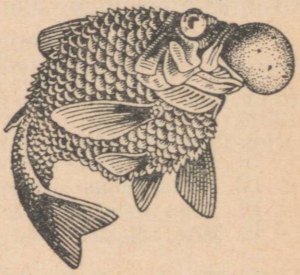


Joon. 86. Paberi pinna põlemine rõhknaelte ja kalossitähtede ümber, mis on torgatud puupakusse (XIX ülesande juurde).

3) Erilise rühma moodustavad küsimus-ülesanded õpilastele juba tuntud või kergesti märgatavate igapäevase elu esemete, masinate ja tehniliste konstruktsioonide mõningatest konstruktiivsetest iseärasustest. Selliste küsimuste näideteks on:



Joon. 87. Raskekuulipilduja raua kesta ehitus (XXI ülesande juurde).



Joon. 88. Sügavveekala, mis on tõstetud merepinnale (XXII ülesande juurde).

XI. Miks terav nuga lõikab, nüri aga mitte?

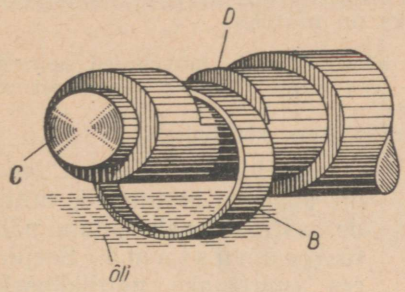
XII. Miks tehakse teemasinatele, pannidele, triikraudadele, lokikääridele jms. puust käepidemed?

XIII. Miks kaitstakse välistermomeetrite elavhõbeda kuulike kattega otseste päikesekiirte eest?

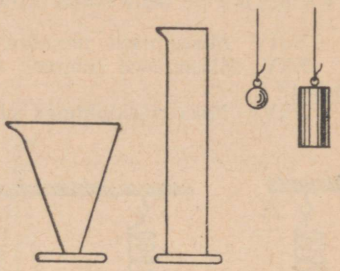
XIV. Miks tehakse veoauto tagumised rattad kahekordsetena?

XV. Miks vintpüssi raud on osalt kaetud puust kattega?

XVI. Haigele pandi kaks korda järgemööda termomeeter: üks kord, lüües elavhõbeda täiesti alla, ja teine kord mitte lõpuni alla lüües, nii et elavhõbedasammas näitas temperatuuri 36,8°. Missugust temperatuuri näitab termomeeter ühel ja teisel juhul, kui haige temperatuur oli 37,4°? Mida näitaks termomeeter, kui haige temperatuur oleks 36,4°?

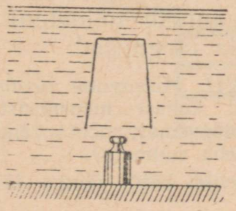


Joon. 89. Rõngasmäärijaga laagri ehitus. *C* — võll; *D* — laagripuks; *B* — rõngas (XXIII ülesande juurde).

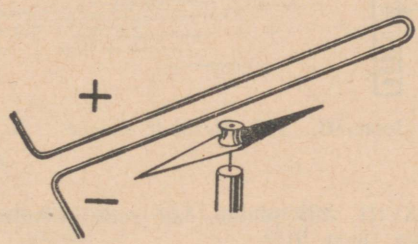


Joon. 90. XXVII ülesande juurde.

4) Mõnedes küsimus-ülesannetes õpilased tutvuvad neile u u t e füüsikaliste nähtustega või konstruktsioonide iseärasustega ja annavad hiljem s e l e t u s i. Selliste küsimuste puhul tuleb näitlik-



Joon. 91. XXVIII ülesande juurde.



Joon. 92. XXIX ülesande juurde.

kustamiseks sageli abiks võtta vastavad pildid. Sellist tüüpi küsimuste hulka kuuluvad näiteks järgmised:

XVII. Miks kivihoonete alumise korruse seinad tehakse paksemad kui ülemisel korrusel? Miks hoonete vundament on alati paksem tema seintest (joon. 85)?

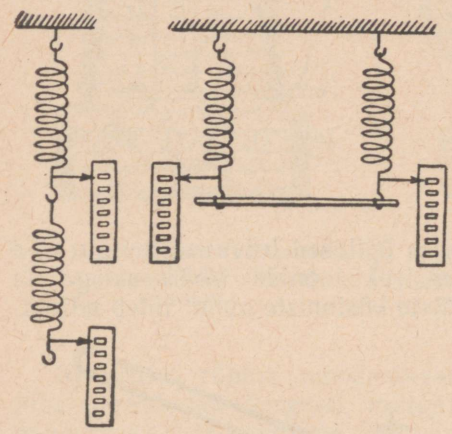
XVIII. Rukkiterade eraldamiseks mürgistest tungalteradest võib rukkiterad koos tungalteradega puistata vette. Nii ühed kui teised vajuvad põhja. Lisades veele soola, võib saavutada, et rukkiterad jäävad põhja, tungalterad aga tõusevad üles. Seletage see nähtus.

XIX. Kui kinnitada puust lauakesele metallist rõhknaelu või kalossitähti, katta nad paberiga ja hoida tulel, siis puu kohal paber läheb mustaks, rõhknaelte ja tähtede kohal aga jääb valgeks (joon. 86). Miks?

XX. Miks elektrikaar kustub, kui tema leegi lähedale tuua tugev magnet?
XXI. Miks kuulipilduja raud on asetatud veega täidetud kesta (joon. 87)?
XXII. Miks merepinnale toodud sügavveekala ujumispõis paisub nii tugevasti (joon. 88)?
XXIII. Seletage rõngasmäärija töötamist laagris (joon. 89).

5) Mõned küsimus-ülesanded vajavad lahendamiseks tutvumist mõnede suuruste tabeliandmetega või orienteerumisarvutusi. Sellisteks küsimusteks on näiteks:

XXIV. Missugused metallid ujuvad elavhõbedas ja missugused upuvad?
XXV. Missugused juhtmed vajuvad suvel enam nõtku — kas vasest või rauast?
XXVI. Miks vaskjuhtmed ei kõlba reostaatide mähkimiseks?



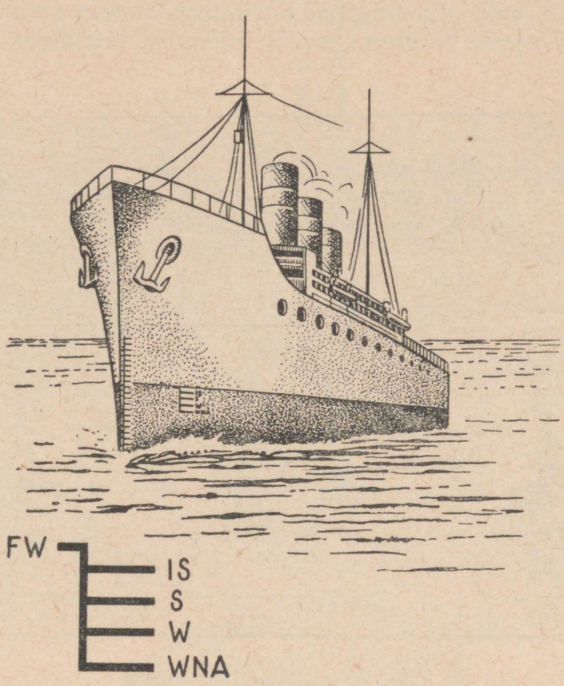
Joon. 93. XXX ülesande juurde.

6) Hoopis isesugust laadi on küsimus-ülesanded, millede vastuses peab õpilane nähtusi ennustama. Seejuures suuremaks näitlikkuseks ja ülesande teksti vähendamiseks lisatakse joonis. Sellekohased joonised ja tekst valmistatakse ette aegsasti õpetaja poolt (joonistatakse või lõigatakse välja vanadest raamatutest) ning jaotatakse õpilastele kirjalike vastuste koostamiseks. Sellise ülesannete näidetena võivad olla järgmised:

XXVII. Missugune joonisel 90 näidatud kahest mensuurist võimaldab täpsemalt mõõta väikese ja suure keha ruumala?
XXVIII. Mis juhtub, kui vette asetatud kaaluviht katta õhuga täidetud klaasiga (joon. 91)?
XXIX. Kuhu poole kaldub magnetnõel, kui painutame juhtme, mida läbib vool, kahekorra (joon. 92)?
XXX. Missuguseid näite saame dünamomeetritelt, kui nende konksude külge riputada ühesuguse raskusega vihid (joon. 93)?
XXXI. Suurtel aurikutel, mis sõidavad jõgedel ja meredel, märgitakse lubatav vajumise sügavus (süvisejoon) tähtedega (joon. 94). Näidake, missugune märk vastab: 1) jõeveele, 2) mereveele suvel, 3) mereveele talvel.

Selle küsimus-ülesannete tüübi tingimused peavad olema sellised, et vastused neile nõuaksid õpilaste iseseisvaid järeldusi; vastasel korral kaotavad küsimused oma põhiotstarbe ja muutuvad kordavat laadi küsimusteks. Nii on lugu juhul, kui õpilane on juba varem tundides tutvunud nähtusega demonstreerimisel või õpetaja vastavast jutustusest. Küsimus-ülesannetesse tuleb sisse võtta ainult uut, tundmatut, kuid seejuures täiesti jõukohast, arvestades õpilaste teadmiste ja arengu tasemega. Just siis hakkabki õpilaste järel-

damise iseseisvus iseloomustama seda, kuivõrd nad on omandanud saadud teadmisi sisuliselt ja on võimelised rakendama neid mitte ainult nähtuste seletamiseks, vaid ka nende *ettenägemiseks*. Niisugune on selle küsimus-ülesannete tüübi iseärasus, mis eristab neid kõikidest ülejäänuist. Kuna selletaolisi küsimus-ülesandeid võib leida ülesannete kogudes üsna vähesel hulgal, siis tuleb neid koostada ja kujundada õpetajal endal. Hoides alles nende tekste ja



Joon. 94. Vabaparda-märgid. (XXXI ülesande juurde).
FW — Magevesi (Fresh Water).
IS — India ookean (India Summer).
S — Merevesi suvel (Summer).
W — Merevesi talvel (Winter).
WNA — Põhja-Atlandi ookean talvel.

jooniseid, moodustub kabinetis omapärane *kartoteek*, mida kontrollitakse töökogemuste abil ja mis osutub väljajagamismaterjalina eriti kasulikuks *kontrolltöödel* ja *eksamitel*.

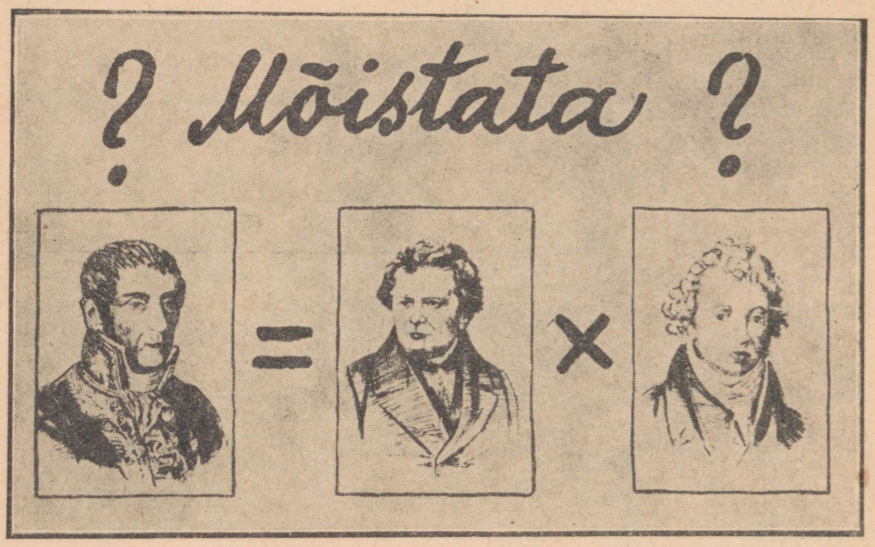
§ 36. Huvitavad ülesanded.

Huvitava füüsika õhtutel, nagu näitab praktika, äratab tunduvat huvi füüsikaliste ülesannete lahendamine, kui nende tingimustele anda huvitav laad. Huumor, nali, paradoks, sõnastuse erakordsus

on välditamatud tingimused selleks, et ülesannete lahendamine oleks õpilastele tõeliselt meelelahutuseks ja tooks samal ajal neile tunduvat kasu.

Huvitavaid ülesandeid tuleb koostada õpetajal endal: mõningaid neist võib võtta Perelmani rohkearvulistest raamatutest „Huvitav füüsika". Allikatena võivad olla ka mõned ajakirjad: „Техника молодежи", „Знание — сила" jt.

Huvitavus võib olla tingitud küsimuse seade paradoksaalsusest ülesande tingimuses või tulemuse täielikust ootamatusest.



Joon. 95. V ülesande juurde.

I. Miks ei tule arvata, et ameerika kirjanikud on eksinud, kui nad kirjutavad:

„Ma mõõtsin oma temperatuuri ja nägin sugugi mitte heameeleta, et mul on temperatuur 104°" (Henry, Peade kütt). „Kell üksteist hommikul termomeeter näitas seitsekümmend kraadi" (Jack London, „Kuldne koit").

II. Võrrelda ameerika suurima pilvelõhkuja rõhku, mis võrdub 13 $\frac{kG}{cm^2}$, inimese rõhuga (kaal 70 kG), kui ta seisab ühe jalaga kahekopikalisel mündil.

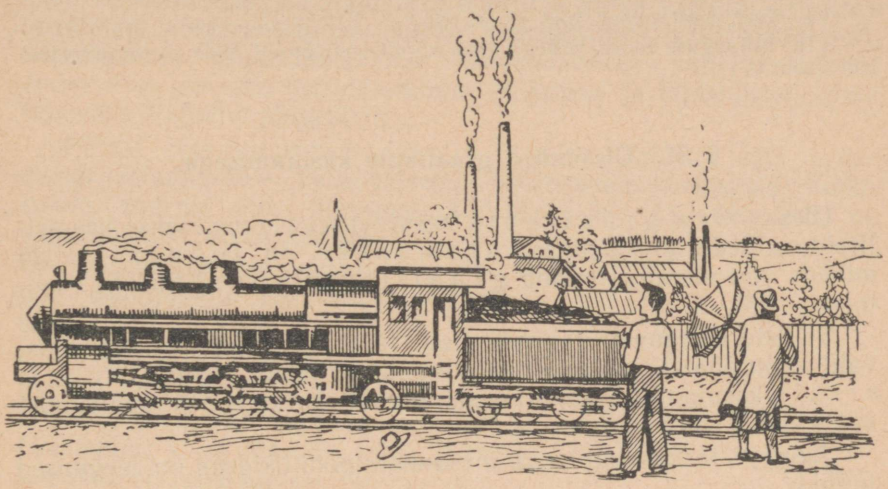
Huvitavate ülesannete tingimusteks võivad olla tsitaadid ilukirjandusliikest teostest, näiteks:

III. Kas arutles õigesti „Doni sõjaväe aadlikust eruurjadnik" A. P. Tšehhovi jutustuses „Doni mõisniku Stepan Vladimirovitši N. kiri õpetatud naabrile dr. Friedrichile":

„Teine avastus. Miks talvel on päev lühike, aga öö pikk, kuid suvel on ümberpöördult? Päev on talvel sellepärast lühike, et ta tõmbub külmast kokku, nagu kõik teised nähtavad ning nähtamatud esemed, ja seepärast, et päike loo-

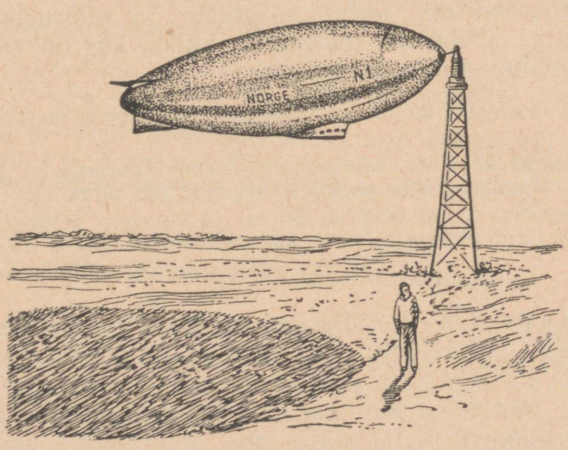
jub vara, öö aga pikeneb rasvalampide ja laternate süütamisest, sest ta soojeneb."

IV. Seletage nähtust, mis on kirjeldatud N. V. Gogoli novellis „Jutustus sellest, kuidas Ivan Ivanovitš läks riidu Ivan Nikiforovitšiga".



Joon. 96. VI ülesande juurde.

„Tuba, millesse astus Ivan Ivanovitš, oli täiesti pime, sest aknaluugid olid kinni ja päikesekiir, läbides aknaluugisse tehtud augu, võttis vikerkaare värvuse



Joon. 97. VII ülesande juurde.

ja, sattudes vastasolevale seinale, joonistas sellele kirju maastiku kõrkjakatustest, puudest ja õuele riputatud riietest, ainult kõik ümberpöördud kujul."

Erilist huvi tekitavad õpilastes piltmõistatuste ning keerdülesannete mõistatamine ja lahenduse leidmine tingimustest, mis on kujutatud piltidel.

Niisuguste küsimus-ülesannete hulka kuuluvad:

V. Mõistatage piltmõistatus (joon. 95).

VI. Kust poolt puhub tuul (joon. 96)?

VII. Missuguse lihtsa võttega saab võrdlemisi täpselt leida dirižaabli mõõted (joon. 97)?

§ 37. Ülesanded graafikute kasutamisega.

Ülesanneteks graafikute kasutamisega nimetatakse kas selliseid, millede lahendamise tulemuseks on joonestis, või millede lahendamine toimub graafiliste konstruktsioonide abil.

Selliste ülesannete lahendamisel tuleb mitte ainult ergutada, vaid mõningatel juhtudel ka tingimata nõuda joonlaua ja sirkli kasutamist joonestamisel, samuti ka ranget kinnipidamist mastaabist.

Joonestiste kasutamisega ülesannete põhiliikideks on järgmised tüübid:

1) Mastaap. Mastaabi kasutamisega tutvuvad õpilased matemaatika tundides. Füüsika õpetajal tuleb sageli kasutada konstruktsioone, mis on tehtud kindlas mõõtkavas, peaasjalikult graafikute puhul. Seepärast tuleb õpilaste teadmiste kinnitamiseks mastaabi kohta anda neile esimestel füüsika-alastel töödel harjutusi konstrueerimiseks antud mastaabi ja suuruste leidmiseks mastaabi järgi. Tüüpiliste ülesannete hulka, kus on vaja kasutada mastaapi, kuuluvad näiteks sellised:

I. Leidke mastaabis kujutatud hoone kõrgus (õpetaja poolt lisatud joonise järgi).

II. Joonistage kahe jõu kujutised, kui nende suurused on 5 *kG* ja 2 *kG* ning nad on rakendatud ühte punkti ja mõjuvad 90° nurga all.

III. Kahepoolse kangi õlad on 50 *cm* ja 10 *cm*. Tehke joonis ja kujutage mastaabi järgi suuremat jõudu, kui väiksem jõud on 5 *kG* ja kang tasakaalus.

2) Diagrammid. Diagramme nende lihtsamal kujul lastakse õpilasi valmistada nii mõningate füüsikaliste suuruste meelespidamiseks kui ka peamiselt nende suuruste vahekordade näitlikuks kujutamiseks. Näidetena võivad olla erikaalude, erisoojuste, eritakistuste jms. diagrammid (joon. 42).

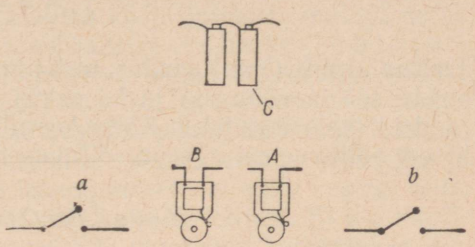
On võimalik ka keerukamate diagrammide koostamine, kus on vajalikud eelarvutused. Sellistena on näiteks kaalu järgi võrdsetes hulkades võetud ainete diagrammid, mis on ühesuguse elektritakistusega jms.

Diagrammide valmistamise küsimust on vaadeldud § 21.

3) Graafikud. Graafikuid antakse õpilastele konstrueerida selleks, et nad õpiksid tundma graafilise kujutamise meetodit kui vahendit, mida kasutatakse füüsikaliste suuruste muutumise näitlikuks kujutamiseks. Seesuguste ülesannete hulka kuulub järgmiste graafikute konstrueerimine: haige temperatuuri käik (joon. 62), temperatuuri muutumine vee soojendamisel kuni keemiseni (joon. 41), temperatuuri muutumine sulamisel ja tahkumisel, voolu tugevuse sõltuvus pingest jms.

Pärast graafiku konstrueerimist lastakse õpilast leida argumendi mõningatele vahepealsetele väärtustele vastavaid funktsiooni suurusi (vt. ülesanne XXVII, § 34, 4). Muuseas on väga kasulik tutvustada õpilasi raudteerongide graafilise sõiduplaani kasutamisega.

4) Konstruktsioon-ülesandeid kasutatakse peamiselt optikas. Ülesannet V (§ 34, 3) ja temataolisi tuleb lugeda füüsikalisteks; harilikke ülesandeid aga läätsede ja peeglitega saadavate kujutiste konstrueerimist — treeningülesanneteks.



Joon. 98—99. V ülesande juurde.

5) Skeemid. Skeemide joonestamist kasutatakse ülesannetena elektrivooluringi tundmaõppimisel. Tüüpilisteks ülesanneteks selles küsimuses on näiteks sellised:

IV. Patarei vooluringi on lülitatud paralleelselt kolm elektrilampi. Joonistage lülitusskeem kahe lüliti jaoks nii, et üks lüliti valitseks üheaegselt kahte lampi ja teine — üksi kolmandat lampi.

V. Joonisel 98—99 on näidatud patarei *C*, kahe elekterkõlisti *A* ja *B* ning kahe kõlistinupu *a* ja *b* asetus. Joonistage, kuidas tuleb neid ühendada juhtmetega, et nupp *a* juhiks kõlistit *A* ja nupp *b* — kõlistit *B*.

§ 38. Matemaatika füüsika tundides.

1. Matemaatiliste teadmiste ulatus. Enne kui üle minna matemaatika kasutamise käsitlemisele ülesannete lahendamisel, tuleb selgitada, missuguseid matemaatilisi teadmisi on vaja füüsika esimese kontsentri läbivõtmiseks.

Geomeetriliste teadmiste ulatus, mida õpilased omandavad matemaatika tundides, osutub täiesti küllaldaseks, sest geomeetrilisi teadmisi kasutatakse füüsika kursuse õppimisel vähesel määral. Ainsaks pretensiooniks, mida esitatakse võib-olla matemaatika õpetajale, on õpilaste oskus arvutada ringi pindala ja silindri

ruumala. Vajadus selleks tuleb esile kohe füüsika kursuse algusest peale (erikaal, rõhk), kuna ülesannete lahendamisel on soovitav kasutada objektidena silindrikujulisi kehi, nagu: traat, palgid, sambad jms. Kindlasti on vaja ka ringi pindala arvutamise oskust, selleks et juhtmete elektritakistuse käsitlemisel saaks leida traadi ristlõike pindala tema diameetri kaudu. Väga tähtis on, et õpilased omandaksid matemaatika tundides need üldised geomeetrilised kujutlused, mis on tingimata vajalikud joonestiste ja eriliiki graafikute koostamisel. Samuti nagu geomeetria, nõnda ka algebra alalt ei ole vaja suuri teadmisi; küllaldane on oskus opereerida niisuguste sõltuvustega, nagu:

$$a = \frac{b}{c} \text{ ja } b = a \cdot c$$

(erikaal, rõhk, Ohm'i seadus, mehaaniline töö ja võimsus, kasutegur, elektri töö ja võimsus) ja ka oskus lahendada esimese astme võrrandeid (kalorimeetria). Kõige keerulisemateks kõikidest matemaatilistest sõltuvustest aga on sõltuvused:

$$R = \varrho \frac{l}{S} \text{ ja } Q = 0{,}24\ I^2\ Rt.$$

Võrdlemisi vähesed nõuded algebra suhtes seletuvad eelkõige sellega, et füüsika esimeses kontsentris ei kasutata füüsikaliste seaduspärasuste kindlakstegemisel matemaatilist analüüsi, nagu seda tehakse mõnedel juhtudel 8.—11. klassis. Peale selle toimub ülesannete lahendamine seitsmeklassilises koolis peamiselt aritmeetilisel teel põhjustel, mida selgitatakse eespool (§ 38, 2).

2. Valemite tarvituselevõtmine ja nende kasutamine ülesannete lahendamisel. Algebraliste valemite tarvituselevõtmine kvantitatiivsete seoste väljendamiseks füüsikaliste suuruste vahel nõuab äärmist ettevaatust, et vältida formalismi teadmistes. Kuigi võiks ka valemiteta läbi saada, siis seda ainult 6. klassis, 7. klassis aga elektrivoolu seaduste tundmaõppimisel on valemite kasutamine täiesti vältimatu.

Tõepoolest, sellised keerulised sõltuvused, nagu näiteks Joule'i-Lents'i seadus, on vaevalt avaldatavad teisiti, kui valemite abil:

$$Q = 0{,}24 \cdot UIt \text{ või } Q = 0{,}24 \cdot I^2Rt.$$

Valemite kasutamine kui lühendatud tähistamise sümboolika on täiesti võimalik 6. klassis, ja veel enam — seda tulebki abiks võtta, kuid ainult pärast seda, kui tundmaõpitav sõltuvus on selgitatud ja omandatud.

Füüsikaliste suuruste algebraliste tähistuste ja vastavate valemite tarvituselevõtmise metoodikat on üksikasjaliselt käsiteldud metoodilistes juhendites (§§ **58—111**). Siinkohal aga märgime, et

suuruste vahel kindlakstehtud sõltuvus esialgu pannakse kirja sõnade abil, näit.

Erikaal $= \frac{\text{kaal}}{\text{ruumala}}$; Voolu tugevus $= \frac{\text{pinge}}{\text{takistus}}$ jms.

Alles pärast seda, kui õpilased pärast rea selliste kirjutuste kordamist võtavad ise abiks nimetuste lühendusi, kirjutades näiteks nii:

Erik. $= \frac{\text{kaal}}{\text{r.}}$; V. t. $= \frac{\text{pinge}}{\text{tak.}}$ jne.,

võib tarvitusele võtta suuruste tähelise märkimise ja vastavad valemid:

$$e = \frac{P}{V} \text{ ja } I = \frac{U}{R} \text{ jms.}$$

Seega pole valem seitsmeklassilise kooli õpilasele midagi muud kui nende aritmeetiliste (või algebraliste) tehete tähistus, mida tal tuleb sooritada ühtede või teiste antud suurustega, selleks et leida otsitav suurus. Küsimuse füüsikalise olemuse avastamine aga tema matemaatilise sõltuvuse avaldise põhjal käib 6. ja 7. klassi õpilastel üle jõu. Seepärast kuitahes kindel valemi teadmine ja oskus kasutada teda ülesannete lahendamiseks ei näita sugugi seda, et õpilased saavad aru küsimuse füüsikalisest küljest. Ei ole haruldased juhud, nagu seda näitab praktika, et valemit kasutatakse laitmatult valemis avaldatud seaduspärasuste samaaegsel täielikul mittemõistmisel.

Esitatud põhjusel tuleb füüsika esimeses kontsentris nõuda ülesannete lahendamisel aritmeetilist teed, mõistes sellega järjepäraseid arutlusi füüsika-alaste teadmiste põhjal.

Nii näiteks soojushulga arvutamisel on lubamatu valemi

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

kasutamine seni, kuni kõik õpilased ei ole täielikult omandanud selliseid üldtuntud arutlusi kui:

1 *g*	vaske	soojendamisel	1°	võrra	vajab 0,09 *cal*
20 *g*	„	„	1°	„	„ 0,09 · 20 *cal*
m g	„	„	1°	„	„ *cm cal*
20 *g*	„	„	500°	„	„ 0,09 · 20 · 500 *cal*
m g	„	„	$(t_2 - t_1)$°	„	„ $cm(t_2 - t_1)$ *cal.*

Isegi Joule'i-Lents'i seaduse valemi kasutamisel tuleb, vähemalt esimestes ülesannetes selles küsimuses, asuda aritmeetilisele teele.

Olgu näiteks ülesande tingimused sellised:

Leida soojushulk, mida eraldab 5 ampri tugevune vool 10 minuti jooksul, kui takistus on 20 oomi. Selle ülesande aritmeetiline lahendus oleks siis järgmine:

1) Arvutan elektrivoolu võimsuse:

$$N = I^2R = 5^2 \cdot 20 = 500 \text{ vatti.}$$

2) Arvutan elektrivoolu töö:

$$A = N \cdot t = 500 \cdot 600 = 300\,000\ J.$$

3) Arvutan elektrienergiast eraldunud soojuse:

$$Q = A \cdot 0{,}24 = 300\,000 \cdot 0{,}24 = 72\,000\ cal = 72\ kcal.$$

Kui võrrelda seda lahendamise teed tavalisega, mis seisab arvude asetamises valemisse:

$$Q = 0{,}24\ I^2Rt = 0{,}24 \cdot 20 \cdot 600 = 72\ kcal,$$

siis on ilmne, et esimesel juhul õpilane kujutleb selgelt küsimust sisuliselt, teisel juhul aga võib lahendus olla puhtformaalne.

Ülesandeid küsimuste kohta, kus on vaja kasutada kahte sõltuvust, tuleb samuti lahendada aritmeetilisel teel, mitte tuletades esialgu üldvalemit. Nii näiteks ülesannet IV § **34**, 1 takistuse leidmise kohta antud võimsuse ja pinge järgi tuleb lahendada, kasutades eraldi valemeid

$$I = \frac{N}{U} \text{ ja } R = \frac{U}{I},$$

mitte aga üldvalemit

$R = \frac{U^2}{N}$, mis on saadud algebraliselt neist kahest sõltuvusest.

Esimese astme võrrandi koostamine ja lahendamine võib osutada vajalikuks kalorimeetrilistel arvutustel, näiteks erisoojuse, sulamissoojuse ja keemissoojuse arvutamisel. Kuid ka sel juhul tuleb lahendamine teostada aritmeetilisel teel, sõnastades vastava küsimuse igale järjekordsele tehtele (§ **73**).

Seega on ülesannete lahendamisel seitsmeklassilises koolis sel eesmärgil, et õpilased saaksid aru küsimuse füüsikalisest olemusest, eelistatavam aritmeetiline tee.

3. Funktsionaalsest sõltuvusest. Vaatamata sellele, et matemaatika kursuses on õpilasi tutvustatud võrdelisuse ja pöördvõrdelisuse mõistega, ei ole võimalik füüsika esimeses kontsentris tarvitusele võtta küllalt täielikku funktsionaalse sõltuvuse mõistet. Õpilaste arenemisaste ja teadmised pole selleks kaugeltki küllaldased; funktsionaalsuse mõiste on keerukas isegi teise kontsentri õpilastele. Funktsionaalse sõltuvuse mõiste olemus avaneb täielikult õpilastele sageli alles kõrgemais õppeasutistes. Kuid juba füüsika esimeses kontsentris tuleb õpilastel kokku puutuda küsimustega, milledel on otsene kokkupuude funktsionaalse sõltuvusega.

Küsimus seisab järgmises: kas on lubatav õpilasel, kel on tegu avaldisega:

$$A = \frac{B}{C} \text{ ja } D = E \cdot F,$$

kõikidel juhtudel rääkida, et suurus A on võrdeline suurusega B ja pöördvõrdeline suurusega C ning suurus D on võrdeline suurustega E ja F? Kas õpilane võib ja peabki sõnastama avaldisi

$$e = \frac{P}{V} \ (1); \ p = \frac{P}{S} \ (2); \ I = \frac{U}{R} \ (3);$$

$$R = \frac{U}{I} \ (4); \ R = \varrho \frac{l}{S} \ (5); \ N = U \cdot I \ (6) \text{ jms.}$$

selliselt, et erikaal, rõhk, voolutugevus, elektritakistus jne. on vastavalt võrdelised: keha kaaluga (1), (2), pingega (3), (4), pikkusega (5) jne. ja pöördvõrdelised ruumalaga (1), toetuspinna suurusega (2), takistusega (3), voolutugevusega (4) jne.?

Selles küsimuses esineb käesoleval ajal kaks arvamust, milledest ühte võiks nimetada „matemaatiliseks" ja teist „füüsikaliseks". Kummalgi neist metoodilistest lahendustest on oma suuri positiivseid külgi, mille tõttu ei saa lugeda küsimust lõplikult lahendatuks.

Ühed metoodikud arvavad, lähenedes küsimusele matemaatika seisukohalt, et need sõltuvused vastavad eranditult kõikidel juhtudel võrdelisusele ja pöördvõrdelisusele. Teised, asudes füüsika seisukohale ja mõistes tähtede sümboolika all kindlaid füüsikalisi suurusi, näitavad, et mõningatel juhtudel need sõltuvused ei kujuta endast muud midagi kui tähtede abil antud suuruste aritmeetiliste tehete leppetähistamist, selleks et leida otsitavat. Nende arvates ei saa antud aine erikaal füüsikaliselt sõltuda võetud keha kaalust või ruumalast (1), vooluringi takistus — pingest või voolutugevusest vooluringis (4), eritakistus — juhtme pikkusest või ristlõikepindalast (5). Need suurused on jäävad — esimene ja kolmas igal ainel ja teine — antud vooluringil. Seepärast väidavad „füüsikalise" seisukoha pooldajad, et ei saa lubada definitsioone, nagu sõltuksid erikaal, elektritakistus, eritakistus võrdeliselt valemites (1), (4), (5) näidatud vastavatest suurustest. Ümberpöördult — juhtudel (3), (5), (6) esineb suuruste vahel võrdeline ja pöördvõrdeline seos.

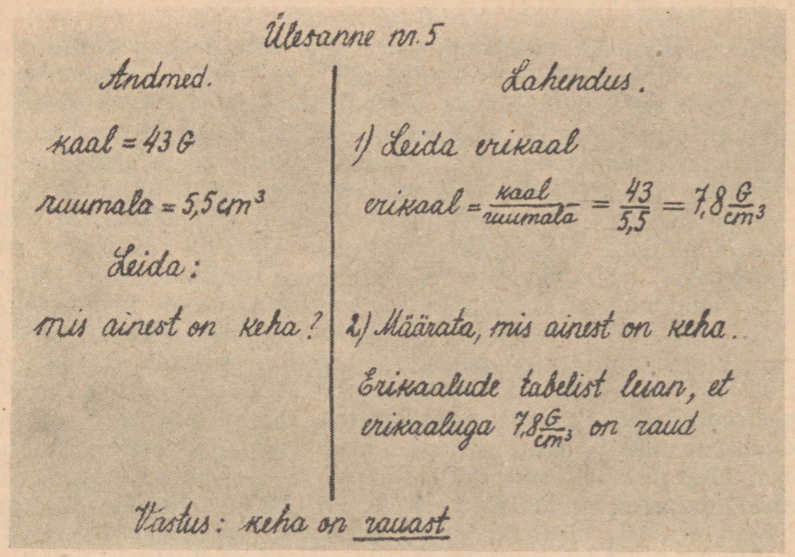
Küsimused funktsiooni, argumendi ja pideva muutumise kohta ei ole jõukohased seitsmeklassilise kooli õpilastele ja neid ei saa selgitada nende olemuselt. Kuid seitsmeklassilise kooli kursuse eesmärgiks peab olema ettevalmistus funktsionaalse sõltuvuse mõistega edasiseks tutvumiseks teises kontsentris. Üheks parimaks teeks selle poole loeme ülesannete kasutamist graafikute konstrueerimisega (§ 20).

§ 39. Ülesannete lahendamise tehnika ja üleskirjutuste kujundamine.

Üldpedagoogiline nõue õpilaste kõikidele üleskirjutustele, sõltumata ainest, seisab selles, et need üleskirjutused, olgu klassitahvlil või vihikutes, oleksid tehtud võimalikult selgelt ja korra-

likult. See nõue laieneb ka ülesannete lahenduste üleskirjutustele. Selle nõude esitamise vältimatuks tingimuseks on selguse ja korralikkuse rangeim järgimine õpetaja enda üleskirjutustes. Õpetaja üleskirjutused peavad olema eeskujuks; kui aga õpetaja peab seda endale mittekohustuslikuks, siis ta ei saavuta kunagi ka õpilastelt vajalikke tulemusi.

Ülesannete lahenduste üleskirjutuste kujundamine väärib seepärast õpetajalt kõige terasemat tähelepanu mitte ainult kui õppe-, vaid ka kui kasvatusvahend (joon. 100—101). Pedantismi mõningad elemendid üleskirjutustes on isegi kasulikud. Kuna ruuduline paber



Joon. 100. Ülesande lahenduse üleskirjutus 6. klassi õpilase poolt.

lihtsustab jooniste valmistamist ja mõjutab organiseerivalt üleskirjutuste paigutamise vormi, siis on soovitatav kasutada ruudulisi vihikuid.

Vaatleme üheaegselt küsimust, kuidas peab toimuma ülesande lahendamine õpilase poolt klassitahvlil ja millist üleskirjutuste kujundamist tuleb taotella, sealhulgas ka kodustes töödes.

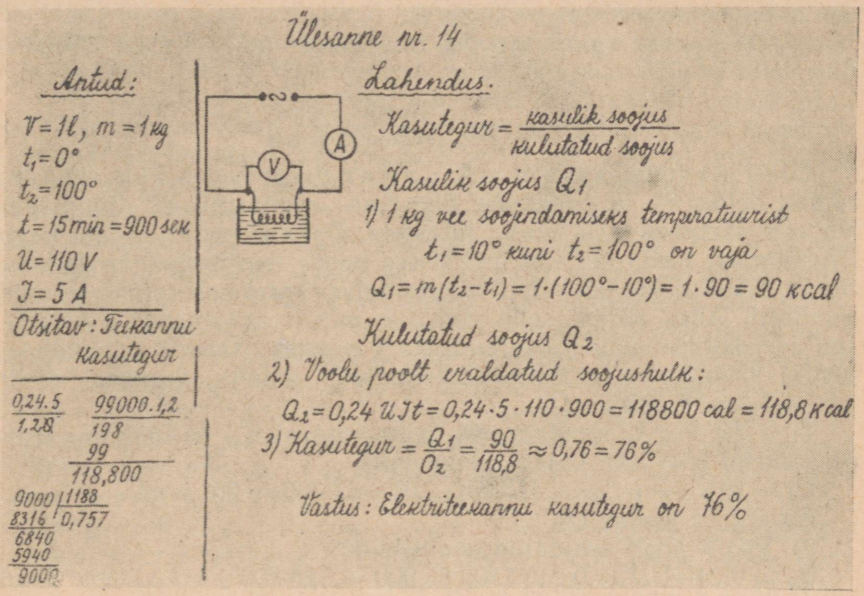
Ülesannete üleskirjutused vihikuis peavad olema sellised, et hiljem kordamisel õpilane saaks ilma vaevata taastada mälus nii ülesannete tingimused kui ka kogu lahenduse käigu. Selleks tuleb eelkõige üles kirjutada tingimuse andmed ja see, mida just otsitakse ülesandes. Ei ole vajadust ümber kirjutada vihikutesse kogu tingimust tervikuna, kui see on toodud õpikus, kuid ka sel juhul tuleb võimalikult lühidalt üles kirjutada tingimus (vt. allpool). Tingimuse kirjutamisel klassitahvlile võib piirduda

täheliste sümbolitega ning andmete arvuliste suurustega ja otsitavaga ühes küsimusmärgiga selle järel.

Pärast ülesande lugemist õpetaja poolt ja vajaduse korral selle füüsikalise mõtte ning tegeliku tähtsuse selgitamist, kordab õpilane ülesande tingimusi, kirjutades üles andmed ja otsitava.

Olgu näiteks käsil sellise võrdlemisi keeruka ülesande lahendamine.

Leida 1 *l* mahutavusega elektriteekannu kasutegur, kui 10°-lise algtemperatuuriga vesi hakkas selles keema 15 minuti pärast. Sealjuures on teada, et pinge on 110 volti ja voolu tugevus 5 amprit.



Joon. 101. Ülesande lahenduse üleskirjutus 7. klassi õpilase poolt.

Otsitava kohta võib üleskirjutus olla järgmine:
Leida teekannu kasutegur.

On antud:	*Lahendus:*
Vesi $V = 1\ l$ $m = 1\ kg$ $t_1 = 10°$ $t_2 = 100°$ $t = 15$ min. $U = 110\ V$ $I = 5\ A$ *Otsitav:* *Teekannu kasutegur?*	

Edasi näidatakse kõik ülesandes esitatud arvulised andmed. Need tuleb kirjutada vasakule „postina", lahutades neid lahendusest vertikaaljoonega (joon. 101). Vaadeldava näite andmete üleskirjutust vt. lk. 159.

Pärast tingimuse üleskirjutamist tuleb üle minna vastava joonestise või joonise koostamisele.

Vaatamata sellele, et rõhuva enamiku ülesannete lahendamisel võib läbi saada joonise abita, tuleb selle koostamist siiski lugeda kui just mitte tingimata kohustuslikuks, siis igal juhul kasulikuks. Joonis näitab õpetajale, kuivõrd õpilane saab aru ülesande füüsikalisest küljest, s. o. antud juhul elektriteekannu ehitusest ja pinge ning voolu tugevuse mõõtmise skeemist.

Pärast joonise valmissaamist taastatakse mälus ja kirjutatakse üles definitsioon:

$$\text{Kasutegur} = \frac{\text{kasulik soojus}}{\text{kulutatud soojus}}.$$

Edasi kavandatakse ülesande l a h e n d a m i s e k ä i k ehk täpsemalt öeldes — lahendatakse ülesanne „kvalitatiivselt", ilma igasuguste arvutusteta ja üleskirjutusteta. Õpilane peab jälgima kogu lahendamise teed, näidates ära tehted nende teostamise järjekorras. Seega füüsikaliselt peab ülesanne esmajärjekorras olema lahendatud sisuliselt. Alles pärast seda võib üle minna arvutuslikule küljele. Iga järjekordse tehte tähistamiseks vihikutes (tahvlil mittekohustuslik) kirjutatakse vastavad „küsimused", näiteks järgmisel viisil:

Kasulik soojus Q_1.

1) 1 *kg* vee soojendamiseks temperatuurist $t_1 = 10°$ kuni temperatuurini $t_2 = 100°$ vajalik soojushulk

$Q_1 = m(t_2 - t_1) = 1 \cdot (100 - 10) = 1 \cdot 90 = 90$ *kcal.*

Kulutatud soojus Q_2.

2) Voolu poolt eraldatud soojushulk:

$Q_2 = 0{,}24 \cdot UIt = 0{,}24 \cdot 110 \cdot 5 \cdot 900 = 118\,800$ *cal* $= 118{,}8$ *kcal.*

Vastus:

$$\text{Kasutegur} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{90}{118{,}8} = 0{,}76 = 76\%.$$

Pärast ülesande lahendamist ja vastuse saamist juhib õpetaja õpilaste tähelepanu põhjustele, mille tõttu kasutegur on väiksem 100%-st, ja võrdleb seda teiste soojendusriistade kasuteguriga. Peale selle, et need teadmised konkretiseerivad küsimust, osutuvad nad õpilastele väga kasulikeks. Tulemuse samasugust „füüsikalist analüüsi" tuleb kasutada üldse kõikide ülesannete juures.

§ 40. Lahendamiseks valitavate ülesannete järjekord.

Ülesannete lahendamine peab saama füüsika kursuse läbivõtmisel i g a p ä e v a s e k s nähtuseks. Seejuures suurim hulk ülesandeid tuleb anda õpilastele kodus lahendamiseks, mis eelkõige

tagab nende töö tõelist iseseisvust. Sedasama nõuab piiratud aeg tundides, mida saab määrata ülesannetele. Ainult võrdlemisi harukordsetel juhtudel, nimelt vahetult pärast seaduspärasuse kindlakstegemist, tuleb ülesannete lahendamisele määrata terve tund. Nii on see erikaalu, rõhu, mehaanilise töö ning võimsuse jms. tundmaõppimisel. Eriti rikas ülesannete poolest on kalorimeetria osa, kus suurem osa ajast klassis pühendatakse ülesannete lahendamisele.

Ülesannetena, mida lahendatakse nii klassis kui ka kodus, tuleb mõista mitte ainult arvutus-, vaid ka küsimus-ülesandeid (§ 35) ja ka igasuguste graafikute, diagrammide (§ 37) jms. koostamist.

Kui antud tunni materjal ei ole kasutatav ülesanneteks, siis antakse ikkagi üles ülesandeid varemalt tundmaõpitud küsimustest. Sel juhul valitakse nad kõrgema raskusemääraga ja sellised, et nad soodustaksid saadud teadmiste süvendamist ja laiendamist.

Lahendamiseks valitavate ülesannete järjekord ehk kord peab olema järgmine. Kohe pärast sõltuvuse kasutuselevõtmist koondub tähelepanu põhimiselt küsimuse formaalsele küljele, mille tõttu antakse õpilastele treeningulaadi ülesandeid. Nende ülesannete otstarve, nagu see oli juba selgitatud, seisab selles, et õpilased omandaksid oskusi lahendamise tehnikas, s. o. õpiksid täitma nõudeid, mis on sõnastatud § 39. Alles pärast oskuste omandamist võib üle minna füüsikaliste ülesannete lahendamisele (§ 34, 2).

Kuivõrd füüsika seaduspärasuste rakendamine konkreetsete küsimuste lahendamisele tekitab seitsmeklassilise kooli õpilastele tunduvaid raskusi, sedavõrd tuleb pöörata kõige tõsisemat tähelepanu ülesannete valikule nende raskuse järkjärgulise tõusu mõttes. Esimeste ülesannete sisu peab olema selline, et nad oleksid üleminekuülesanneteks treeningülesannetelt füüsikalistele. Sellepärast peavad need tõsiasjad ja objektid, milledest on juttu, olema lihtsad ja seejuures õpilastele täiesti tuttavad. Arvutuslik külg ei pea seejuures tekitama ka erilisi raskusi, võib aga ka hoopis puududa. Täpsemaid näpunäiteid selle kohta ei ole võimalik anda. Tõepoolest, see, mis on võrdlemisi lihtne linnaõpilasele, võib tekitada maaõpilasele tunduvat raskust ja ümberpöördult. Selle küsimuse õigele lahendusele võib õpetaja jõuda ainult oma klassi õpilaste, s. o. nende teadmiste, arengu ja huvide tundmaõppimise põhjal. Pärast seda kui õpilased saavad hakkama suurustevaheliste sõltuvuste kasutamisega konkreetsete küsimuste lahendamiseks, valitakse ülesannete sisu keerulisem, et ta viiks tundmaõpitava teema füüsikaalaste teadmiste süvendamisele ja laiendamisele.

Järjekorras järgmiseks liigiks on sellised ülesanded, mis tutvustaksid konkreetsete näidete varal antud teema kahe või mitme seaduspärasuse üheaegset kasutamist.

Teema lõppmomendiks neil juhtudel, kui see on võimalik ja vajalik, on ülesannete lahendamine, mis kasutavad seost kursuse mitmesuguste osade vahel. Selliseid ülesandeid kasutatakse energeetilistel arvestustel, mis on seotud mehaanilise ja elektrienergia muundumisega soojuseks ja ümberpöördult (§§ 82, 83, 99, 101 ja 102).

Juhtnööre ülesannete sisu ja nende kasutamise kohta mitmesuguste küsimuste alal on toodud metoodilistes juhendites (§§ 58—111).

Ülesannete kasutamise metoodikast teadmiste kontrollimiseks vt. § 43.

§ 41. Kirjandus.

1. Ülesannete lahendamise metoodika. Rõhuv enamik metoodilisi käsiraamatuid vaatleb ülesannete lahendamise küsimust üheaegselt füüsika esimese ja teise kontsentri jaoks, pühendades seejuures esimesele kõige vähem tähelepanu. Peale selle, et mõningates metoodika käsiraamatutes vaadeldakse esimest kontsentrit kui midagi sissejuhatuse taolist teisele, mis allub temale ega oma iseseisvat tähtsust, siis saab ülesannete lahendamine seitsmeklassilises koolis sellest seisukohast ühekülgse valgustuse, mida tulebki silmas pidada.

Vaatleme metoodiliste käsiraamatute loetelu, kus võib leida näpunäiteid ülesannete kohta.

1) И. И. Соколов, Методика физики.

Autor piirdub üsna lühikeste üldjuhenditega, mis on antud ulatusliku kursuse kõigest kahel leheküljel. Ei erilist iseloomustust ega ülevaadet ülesannetest esimese kontsentri jaoks pole raamatus antud.

2) Ред. П. А. Знаменский, Методика преподавания физики.

Käsitluse põhimiseks puuduseks ülesannete osas on selle küsimuse vaatlemine eraldamata esimest kontsentrit teisest. Kuid peatükis „Matemaatika tähtsus füüsika kursuses" võib leida rea väärtuslikke näpunäiteid nii ülesannete ja nende lahendamise kui ka matemaatika rakendamise kohta ning tema vastastikustest suhetest füüsika kursusega.

3) Д. А. Александров и И. М. Швайченко, Методика решения задач по физике в средней школе. Л. Г. И. усовершенствования учителей, 1940.

Seda raamatut tuleb tunnustada ainsaks, kus ülesannete küsimus seatakse üles küllalt laialt ja sügavalt. Erilist väärtust annab raamatule mitmesuguste metoodikute arvamuste ülevaade ülesannete sisu, tähtsuse, osa ja lahendamisvõtete küsimuste kohta. Vaatamata sellele, et raamatus on tähelepanu koondatud peamiselt teise kontsentri ülesannetele, võib seal leida rea väärtuslikke väljendusi ja konkreetseid näpunäiteid ülesannete kohta seitsmeklassilisele koolile.

Ajakirjas „Физика в школе" viimasel ajal avaldatud artiklitest väärivad suuremat tähelepanu järgmised:

Платонов, Задачи по физике с участием эксперимента, 1938, № 2.

Арефьев, Решение задач по физике, 1940, № 4.

Мошков, Экспериментальные задачи, 1946, № 3.

2. **Ülesannete kogud.** Ülesannete kogusid, mis oleksid määratud eriti seitsmeklassilisele koolile, ei ole olemas. Seepärast tuleb õpetajal ülesannete valikul lähimaks tunniks otsida neid mitmesugustest allikatest ja täita lüngad omal jõul koostatavate ülesannetega.

Ülesandeid võib valida järgmistest allikatest:

1) A. Pjorõškin, G. Falejev ja V. Krauklis. Füüsika 6. ja 7. klassile.

Raamat sisaldab suure hulga ülesandeid. Nende paigutamises, mis vastaks nende lahendamise järjekorrale, pole süsteemi. Mõned ülesanded on juhuslikud. Ülesannete valikut tervikuna aga ei saa lugeda õnnestunuks. Küsimus-ülesandeid on toodud võrdlemisi vähe, mis on kahtlemata mitteküllaldane kursuse edukaks läbivõtmiseks. Rahulduda aga ainuüksi stabiilse õpiku ülesannete lahendamisega on lubamatu.

2) J. Lang ja A. Mitt. Küsimusi ja ülesandeid füüsikast I ja II, 1948.

Raamat sisaldab ülesandeid 8.—11. kl. õpilastele. Ülesanded on liigitatud raskusmäära järgi. Madalama raskusmääraga arvutusülesanded ja küsimus-ülesanded on jõukohased ka seitsmeklassilise kooli õpilastele. Kogu sisaldab ka katset nõudvaid ülesandeid.

3) Д. И. Сахаров, Физика. Учебник для школ взрослых, изд. 8-е, М., Учпедгиз, 1940.

Ülesanded väärivad tähelepanu mitte ainult hoolika valiku ja suhtelise mitmekesisuse, vaid ka näitelise paigutuse tõttu lahendamise järjekorras: kõige raskemad neist on märgitud tähekesega. Mõned ülesanded nõuavad lahendamiseks lihtsaid katseid või vaatlusi. Esitatud ülesannete hulk aga ei ole suur ja on seega mitteküllaldane.

4) А. В. Цингер, Задачи и вопросы по физике.

Õpetajale tuleb soovitada tundma õppida vaadeldavat ülesannete kogu, selleks et tutvuda huvitavalt valitud näidetega, mis teevad ülesannete lahendamisel kindlaks seose füüsika ja inimsoo teadmiste kõige mitmekesisemate alade — inimese ja taimede füsioloogia, geoloogia jms. vahel. Ülesannete hulk tehnika küsimuste alalt ei ole suur ja selles suhtes jääb kogu maha teistest allpooltoodud ülesannete kogudest.

Peale võrdlemisi suure hulga küsimus-ülesannete esitab autor ülesandeid, millede andmeid tuleb õpilastel leida iseseisvalt — mõõtmistega, tabelitest otsides jms. Selle ülesannete tüübi eesmärgiks on harjutada õpilast sooritama „abiarvutusi ligikaudu samades tingimustes, millistes vajaks neid praktikas enda jaoks".

Suurt huvi õpetajale pakub ülesannete kogu sissejuhatus ligikaudsete arvutuste kohta. Käsiraamatus võib leida palju ülesandeid, mida saab hea eduga kasutada seitsmeklassilises koolis nii klassikui ka klassivälistel töödel.

5) А. И. Бачинский, Собрание вопросов и задач по элементарной физике, изд. 3-е, Гиз, 1925.

Ülesannete kogu sisaldab kuni 1134 treening- ning füüsikalist ülesannet, sealhulgas ka küsimus-ülesandeid nii füüsika kui ka tema rakenduste alalt igapäevases elus, tehnikas ning mõningates teistes teadustes. Ülesannete kogust võib hankida küllaldaselt ülesandeid seitsmeklassilise kooli jaoks.

6) Г. И. Фалеев и А. В. Перышкин, Сборник задач по физике для средней школы, 5—7-е годы обучения, 1933.

Materjal on paigutatud vastavalt programmile ja järelikult ka autorite õpikule. Enamik ülesandeid kujutab endast õpikus toodute kordamist.

7) Ред. Демидов (К. А. Волкова, Н. Н. Демидов, М. Ф. Федоров, Н. А. Феопемптов, Н. А. Щербаков), Сборник задач по физике для 8—10 классов.

Ülesanded on põhimiselt treeningu laadilised, nii füüsika kui ka tehnika küsimuste alalt. Kogus on peale umbes 1000 ülesande toodud ligi 60 näidislahendust. Ainult vähesed ülesanded kogust on kasutatavad seitsmeklassilises koolis.

8) А. Нейман и А. Соколов, Политехнический задачник по физике, Учпедгиз, 1932.

Originaalne kogu, mis sisaldab peaaegu eranditult tehnilist materjali. Ülesannete valik on tehtud mitte keskkooli programmi, vaid tehnilist laadi teemade järgi, näit.: elevaator, raudteetransport, traktor, tank jms. Kuna õpilasel tuleb tutvuda peaaegu igas ülesandes temale mingi tehnika uue küsimusega, siis on kogu sisu väga laiali venitatud, kuna samal ajal lahendamiseks vajalikud operatsioonid on teinekord väga lühikesed. Esitatud kirjeldused ja vastavad joonised võivad soodustada huvi tekkimist tehniliste kalduvustega õpilastes — selles seisabki vaadeldava kogu põhiväärtus. Klassivälisteks töödeks seitsmeklassilises koolis on ülesannete kogu väga kasulik.

9) Д. В. Афанасьев, Сборник задач по курсу физики, Гиз, 1929.

Ülesannete kogu on huvitav õpetajale, kuna ta sisaldab füüsika alalt kuni 350 ülesannet, „mis sisaldavad lihtsaimate tehniliste arvutuste elemente".

10) Е. Н. Кельзи, Ф. Н. Красиков, П. А. Попов, Задачник по физике.

Ülesannete kogu sisaldab üle 1000 ülesande, sealhulgas ka küsimus-ülesandeid, milledest osa on kasutatav seitsmeklassilises koolis. Ülesannete kogus pole midagi originaalset.

11) Д. И. Сахаров и И. С. Косминков, Сборник задач по физике, Учпедгиз, 1938.

Ülesannete kogu on määratud kõrgemate pedagoogiliste õppeasutiste jaoks ega ole kasutatav keskkoolis. Teda tuleb tungivalt soovitada õpetaja enda kvalifikatsiooni tõstmiseks.

Käsiraamatutest, kust võib võtta katselist lahendamist nõudvaid ülesandeid, tuleb nimetada:

12) А. Б. Яковсон, Опыты и наблюдения по физике и химии, «Работник просвещения», М. 1926.

Raamat on koostatud esimese astme õpetajatele ja sisaldab peamiselt katsete kirjeldusi keemia ja füüsika algteadmiste kohta. Raamatus on toodud üle 350 küsimus-ülesande, milledest mõned nõuavad katselist lahendamist. Raamat võib olla nii ühes kui ka teises tema osas väga kasulik seitsmeklassilises koolis.

13) В. А. Зибер, Живые задачи по физике (Методические искания), выпуск 1-й, изд. «Образование», Л. 1925.

Raamat sisaldab kuni 50 ülesannet, mis on „autori poolt isiklikult läbi töötatud tema õpilastega". Neile on antud huvitavate ülesannete laad, kuna nad on määratud klassiväliseks tööks.

Andeka pedagoogi-metoodikuna annab autor iga ülesande eritluse, mis on omapäraseks aruandeks esitatud küsimuse arutlusest õpilastega, tõelise näidise klassivälisteks töödeks.

KÜMNES PEATÜKK.

TÖÖ PLAANIMINE JA ARVESTAMINE FÜÜSIKA ALAL.

KORDAMINE.

§ 42. Töö plaanimine.

1. Üldplaani tähtsus. Plaanimine on igasuguse töö edukuse üheks kõige tähtsamaks tingimuseks. Õpetaja töö koolis kindlaksmääratud programmilise materjali läbitöötamisel on rangelt jaotatud ning ajaliselt piiratud ja peab olema eriti hoolikalt *plaanitud*. Aegsasti kavandatud plaani puudumisel tekib õpetamises kas programmi mitteläbitöötamine või liigne ruttamine tema viimaste osade käsitlemisel. Hästi koostatud plaani võib saada tõsise ja läbimõeldud organisatsioonilise ja metoodilise töö tulemusena. Plaani sisu järgi võib otsustada selle üle, kuivõrd õpetaja on valmis oma tööks. Plaani koostamisel peab õpetaja eelkõige tähelepanelikult ja üksikasjaliselt tundma õppima kooli füüsika kursuse programmi. Vähe on läbi lugeda selle sisu: tuleb õppida nägema programmis kõige olulisemat, kõike seda, mis moodustab „teaduste aluse", mis määrab kindlaks õpilaste teadmiste miinimumi. Põhimaterjali läbitöötamisele peabki olema eelkõige pööratud õpetaja tähelepanu aja büdžeti jaotamisel.

Õpetajal peab olema oma isiklik suhtumine programmi materjalisse, oma *isiklikud metoodilised tõekspidamised*. Ei saa soovitada õpetajale, isegi pedagoogilise tegevuse algastmeil, pimesi jälgida valmis plaane, metoodilisi läbitöötusi, kui head nad ka ei oleks. Pime järgimine eeskujule võtab noorelt õpetajalt erguti

mõtisklemiseks ja isikliku initsiatiivi ning loomingu esiletoomiseks. Õpetajate ja metoodikute parimaid kogemusi tuleb muidugi hoolikalt tundma õppida, kuid seda tuleb tundma õppida teadlikult ja kriitiliselt.

Õppinud tundma programmi, peab õpetaja jaotama selle materjali ajaliselt, läbi mõtlema oma töö meetodid, valima üldise kirjanduse enda ja õpilaste jaoks, ette valmistama laboratooriumi ja kabineti, läbi vaatama naaberainete — keemia, matemaatika jt. ainete programmid, läbi mõtlema õpilaste teadmiste arvestamise viisi ning rea teisi üldist laadi küsimusi. Plaani koostamisel tuleb arvestada ka klassivälist tööd, s. o. kavandada, missuguseid referaate, huvitava füüsika õhtuid, ringe jms. saab korraldada kursuse jooksul (vt. § 48).

Kõik eespoolmainitu tuleb üles kirjutada dokumendi kujul, mis ongi t ö ö p l a a n i k s. Õpetajale peab täielikult selge olema, et tööplaan on vajalik eelkõige temale e n d a l e, mitte aga kooli õppeosakonnale. Seepärast peab plaan olema koostatud nii, et ta peegeldaks võimalikult täielikult töö tõelist käiku. Õpetamise käigus võivad plaani mõningad osad tulla muutmisele, mida tuleb arvestada edasises töös järgnevatel aastatel. Tööplaan peab olema selleks aluseks, millele õpetaja ehitab oma töö arvestuse. Tööplaanide koostamine on k o h u s t u s l i k kõikidele õpetajatele, kuid eriti tähtis on see algajatele. Selle tööga tõstab õpetaja oma metoodilist taset.

Oma töö hoolikaks ülesmärkimiseks tuleb soovitada algajatel õpetajatel pidada p ä e v i k u t, kandes sellesse päev-päevalt töö tulemusi ning oma muljeid sellest, saavutusi, ebaõnnestumisi ja nende tõenäoseid põhjuseid. Selline tõsine töö oma õppetöö plaanimisel ja arvestamisel lühendab noorel õpetajal tunduvalt seda vältimatut ajaperioodi, mille jooksul algajast saab vilunud õpetaja.

Peale aasta k a l e n d e r p l a a n i on vajalikud ka t e m a a t i l i n e, s. o. plaan programmi eri teemade järgi, ja edasi t u n n i p l a a n.

2. Aasta kalenderplaani koostamine. Aastaplaanis jaotatakse igas klassis füüsikale määratud aeg ligikaudselt kursuse eri osadele, kusjuures arvestatakse ka õppeaasta jaotust veeranditeks. Kursuse eri osade kordamise tunnid arvatakse igale jaole määratavate tundide hulka; peale selle eraldatakse aeg kogu kursuse kordamiseks. Materjali plaanimisel peab jääma teatav tundide reserv.

N ä i d e: 6. klass — 2 tundi nädalas; õppenädalaid 35; arvestades puhkepäevi, plaanime mitte 35-le, vaid 33-le nädalale.

Tundide üldarv on 66.

Programmi läbivõtmiseks — 58 tundi.

Kordamiseks 6 tundi.

Reserv — 2 tundi.

58 tunni jooksul tuleb 6. klassis läbi töötada 3 põhiteemat: 1) füüsikalised mõõtmised; 2) tahkete kehade, vedelikkude ja gaaside omadused; 3) algteadmisi soojusest. Nende jagude vahel jaotamegi meie käsutuses oleva tundide üldarvu:

Mõõtmised — 18 tundi.
Tahkete kehade, vedelikkude ja gaaside omadused — 20 tundi.
Algteadmisi soojusest — 20 tundi.
Edasi kavandame ligikaudsed kalendrilised tähtajad iga jao läbitöötamiseks:
Mõõtmised — 1. septembrist kuni 6. novembrini incl.
Tahkete kehade, vedelikkude ja gaaside omadused — 9. novembrist kuni 31. jaanuarini incl.
Algteadmisi soojusest — 1. veebruarist kuni 20. aprillini incl.
Kordamine — 22. aprillist kuni 18. maini incl.
Koondame nüüd kogu materjali üldisse skeemi eri lahtritega plaani täitmise kohta ja saame: [1]

Õppeveerand	Kalendrilised tähtajad	Programmi osad	Tundide arv		Tegelik täitmise aeg	Märkused. Plaani mittetäitmise põhjus
			Plaanitud	Tegelikult antud		
I	1. IX—6. XI	Mõõtmised (raskusjõu jms. mõõtmised)	18	18	12. XI	Teema jäi lõpetamata, kuna puudusin tunnist haiguse tõttu
II	9. XI—31. XII	Tahkete kehade, vedelikkude ja gaaside omadusi	14	14	31. XII	
III	11. I—31. I	Arhimedese seadus	6	6	2. II	Teema läbitöötamine on lõpetatud hiljem; üks tund läks kaduma püha tõttu
	1. II—23. III	Algteadmisi soojusest. Paisumine soojenemisel, soojuse edasiandumine, soojushulk	14	14		
IV	1. IV—27. IV	Sulamine ja aurumine	6	8	30. IV	Oli üks täiendav tund
	29. IV—18. V	Kordamine	6	6	18. V	Aeg osutus küllaldaseks

3. Temaatiline plaan. Temaatiline plaan koostatakse kursuse eri teemade kohta. Sisuliselt peab temaatiline plaan olema teema erisuguseks metoodiliseks konspektiks (vt. 4. jagu).
Temaatilise plaani koostamise töö jaguneb järgmisteks osadeks:
1) Teema täpse s i s u kindlaksmääramine ja p õ h i m õ i s t e t e ning nende seoste, katseliste faktide, põhisuuruste mõõtmisvõtete

[1] Meil kehtivate korraldustega nõutakse üksikasjalisemat kalenderplaani kui see, mis siin on näidisena esitatud. Toimetus.

ja üksikute küsimuste käsitlus sügavuse selgitamiseks. Tehnika, eriti sõjatehnika ja igapäevase elu küsimuste kindlaksmääramine, mida saaks kaasa tõmmata illustreeriva materjalina. Tulemusena peab õpetajal olema täiesti selge, mida ta peab õpetama oma õpilastele.

2) Teema seoste leidmine varemalt läbivõetutega ja selle selgitamine, millele tuleb antud teemas tähelepanu pöörata järgnevate teemade läbivõtmise kergendamiseks. Iga teema moodustab ainult osa kursusest ja seda läbi töötades tuleb silmas pidada kogu tervikut.

3) Töö põhimeetodite väljaselgitamine, s. o. nende võtete kindlaksmääramine, millede abil hakatakse teostama õpetamist.

4) Põhidemonstratsioonide väljaselgitamine, milledele hakkab toetuma käsitlus. Nende iseloomustamine mitte ainult puhttehnilisest küljest, vaid ka nende väärtustelt, mis neil on käsitlemise põhjendamiseks. Tõepoolest, katse peab olema teadmiste allikaks (§§ **14** ja **7**), mitte aga ainult illustratsiooniks suulisele käsitlusele.

5) Selle selgitamine, missuguseid teadmisi võib saada laboratoorsetest töödest ja missugused on nende tööde liigid, s. o. kas nad on uurimis- või vaatlus-laadi tööd (§ **26**).

6) Selle selgitamine, missugused õppevahendid (pildid, diagrammid jms.) on vajalikud (§ **16** ja järgmised).

7) Treening- ning füüsikaliste ülesannete, sealhulgas ka küsimus-ülesannete (§ **32** ja järgm.) osa ja kasutamise koha kindlaksmääramine.

8) Õpilaste elust saadud kujutluste ja teadmiste väljaselgitamine, mida saab kasutada teema käsitlemisel (§ **6**).

9) Õpilaste koduste tööde osa ja liikide, aga ka klassiväliste ürituste, sealhulgas ekskursioonide kindlaksmääramine (§§ **48** ja **29**).

10) Materjali üldistamise laadi ja sisu selgitamine, s. t. kas seda tuleb teha teema lõpetamiseks eraldi või koos küsitlemisega. Vajadusele taastada teema läbivõtmise lõpus selle tundmaõppimise kogu käiku ja teha kokkuvõte tööst ei pööra alati tähelepanu isegi vilunud õpetajad.

11) Teema kasvatusliku tähtsuse kindlaksmääramine (maailmavaate küsimusi, näiteid sotsialistlikust ülesehitusest, uurimistööde elemente jms.) (§ **11**).

12) Teadmiste arvestamise viisid — küsitlemine, kontrolltöö.

Peale selle jaotatakse temaatilises plaanis materjal üksikutele tundidele.

Juba see loetelu üksi näitab, kuivõrd vastutusrikas, tõsine ning ulatuslik on temaatilise plaani koostamine. Töö õnnestunud plaanimisega on rajatud põhitingimus terve teema ning üksikute tundide läbiviimise kogu pedagoogilise protsessi edukuseks. Kordame veel kord, et õpetaja, kes koostab temaatilist plaani formaalselt, järgides pimesi õpiku metoodikat, ei saa hästi õpetada füüsikat ja peaasi —

ei suuda sisendada õpilastesse armastust selle teaduse vastu. Õpilaste teadmiste formaalsust põhjustab eelkõige õpetaja enda „formaalne" suhtumine asjasse.

Näiteks toome temaatilise plaani teema kohta: „Arhimedese seadus vedelikkude kohta", mille käsitlemiseks võib määrata kuni 4 tundi.[1]

4. Temaatilise plaani skeem: „Arhimedese seadus vedelikkude kohta".

1) Teema sisu: Üleslükkejõu mõiste katse põhjal. Katsete abil üleslükkejõu sõltuvuse kindlakstegemine vedelikku asetatud keha ruumalast ja vedeliku ainest. Üleslükkejõu sõltumatus vedelikku asetatud keha ainest (katse abil). Kvantitatiivse sõltuvuse, s. o. Arhimedese seaduse katseline kindlakstegemine. Teatmeid Arhimedesest kui teadlasest. Üleslükkejõu arvutused. Kehade veepinnale tõusmise ning põhjavajumise katseline esitamine ja nende nähtuste seletamine keha kaalu ja üleslükkejõu võrdlemise teel. Kehade ujumise ja põhjavajumise üle otsustamine tahke keha ja vedeliku erikaalu võrdlemise põhjal (katse). Vedelikkude tõusmine pinnale (katse). Treeningülesanded. Katseliselt antud üldkujutlus vedelikku vajumise sügavusest. Arhimedese seaduse rakendamine areomeetriga vedelikkude erikaalude mõõtmiseks (katse). Seaduse kasutamine laevade ujumiseks. Kujutlus laeva veeväljasurvest. Allveelaeva ujumise printsiibi selgitamine. Ujukid sõjaasjanduses.

2) Seos eelmise teemaga. Vedeliku kaalust tingitud olemasolu selgitatakse katse abil, mis toob esile rõhu vedeliku sees alt üles. Tuleb märkida, et seadus on järelduseks vedeliku raskusrõhust. Tuleb pöörata tähelepanu seaduse täpsele selgitamisele vedelikkude kohta, mis on eriti vajalik seaduse gaasidele rakendamise tundmaõppimiseks.

3) Tundmaõppimise aluseks pandagu õpilaste „uurivad vaatlused" üleslükkejõu kohta (ilma kvantitatiivsete kindlaksmääramisteta). Seaduse ja ülejäänud küsimuste põhjendamiseks tuleb kasutada demonstratsioon-katset. Kvantitatiivsest sõltuvusest paremaks arusaamiseks ja selle mällu kinnistamiseks tuleb lahendada ülesandeid (treening- ja küsimus-ülesanded) ja korraldada laboratoorne töö.

4) Demonstratsioonid. Arhimedese seaduse demonstreerimine dünamomeetri ja ämbrikeste abil (joon. 11). Korgi, jää ja puu ujumine. Kivi, metalli jms. põhjavajumine vees ja nende ujumine elavhõbedas. Mittesegunevate vedelike (petrooleum, vesi, elavhõbe) kihiline asetumine anumas. Kartuli ujumine soolalahuses ja põhjavajumine puhtas vees (joon. 14). Puukepikesest tehtud areomeetri mudel ja selle ujumine piirituses, vees ja soolvees. Samasugune katse areomeetriga (joon. 12). Katseklaasist tehtud karteesiuse tuuker (joon. 13). Riistad: dünamomeeter Arhimedese ämbrikesega ja areomeeter; ülejäänud — omavalmistatud riistad.

5) Laboratoorsed tööd. Uurimistöö — dünamomeetri ja Bakušinski kangi abil (joon. 9, 11 ja 10). Õpilaste iseseisvad vaatlused: a) üleslükkejõu esiletulemise kohta; b) tema sõltuvuse kohta tahke keha ruumalast (mitmesuguse ruumalaga ühesugusest ainest kehad); sõltuvuse kohta vedeliku ainest (vesi, soolvesi); sõltumatuse kohta (tähtis!) vedelikku asetatud keha ainest (võrdse ruumalaga, kuid mitmesugusest ainest kehad — silindrid komplektist, vt. II k., joon. 474). Kontrollvaatlus — Bakušinski dünamomeetriga ja keha asetamisega mensuuri kallatud vette (II k., joon. 178).

6) Pildid: aurik, sõjalaev, allveelaev, veest üleminek pontoonide abil.

7) Ülesanded Arhimedese seaduse kohta, esialgu puhttreeniva, hiljem füüsikalise sisuga (vt. §§ 33 ja 34). Esialgu tuleb õpetada otsustama üleslükke-

[1] Alljärgnevad numbrid on näidatud vastavuses eelnenuga.

jõu suuruse üle, siis õpetada seda arvutama ja lõpuks kasutama tulemust otsustamiseks ujuvuse jt. üle. Küsimus-ülesandeid igapäevasest elupraktikast: kivi, ämbri jms. tõstmise kergus vee all, inimese ujumine, koore kogunemine piima peale jms.

8) Õpilased teavad, missugused kehad ujuvad vee peal (puu, jää, kork) ja missugused vajuvad põhja. Selgitada, kas keegi on tähele pannud ämbri kergust vee all, kui jaa, siis tuleb kasutada seda näidet.

9) Koduseks tööks õpikust §§ ... ja ülesanded nr-d ... Teha ülesandeks vaadelda üleslükkejõudu, asetades vette kummulipööratud joogiklaas. Klassivälistel töödel jutustada Erilaadiliste Veealuste Tööde Ekspeditsiooni tööst. Näidata filmi. Välja panna raamatuid ja välja jagada neid lugemiseks.

10) Üldistamiseks jutustada tehnilistest rakendustest ja samal ajal alla kriipsutada füüsika kui teaduse tähtsust tehnikale.

11) Jutustamisel Arhimedesest tuleb mainida, et seaduse avastamine tema poolt oli tegeliku ülesande lahendamise järelduseks. Tingimata selgitada sõja- ja kaubalaevastiku tähtsust meie maal. Tähistada mereväelaste, allveelaevlaste, epronlaste kangelaslikkust Suure Isamaasõja ajal.

5. Tunni plaan. Plaani koostamine tunni (1 tund) või kahetunnise töö jaoks on võimalik alles peale kogu teema plaanimist. Mida paremini ja üksikasjalisemalt on läbi mõeldud temaatiline plaan, seda kergem on töö jooksva tunni plaani koostamisel. Metoodilisi nõudeid tunni kohta vaadeldi üsna põhjalikult §§ **12** ja **13**; vastavalt nendele nõuetele ehitataksegi tunni plaan. Tunni plaanis tuleb näidata, erinevalt temaatilisest plaanist, küsimuste käsitlemise järjekord ja vestluse, katsete demonstreerimise ning näitlike õppevahendite, laboratoorsete vaatluste ning tööde, ülesannete lahendamise, küsitlemise jms. vaheldumine tunnis. Samas järjekorras kavandatakse õpetaja selgitavate jooniste kasutamine klassitahvlil, sõnastuste üleskirjutuste, valemite, sümbolite rakendamine. Ei tule unustada ka tunni lõpetamist teema üldistamisega ning selgitustega koduse töö kohta.

Iga abinõu ja meetodi iselaad mitmekesisemate abinõude ja meetodite hulgast, aga ka nende järjekord on kindlaks tehtav alles pärast seda, kui õpetaja kujutab endale kogu selgusega mitte ainult eesmärki, sisu, ulatust ning metoodilisi teid lahendusele, vaid peaaegu ka iga sõna, mida ta lausub tunnis, sealjuures täpselt arvestades aega, mis on vajalik tunni iga eri osa jaoks. Mida hoolikamalt on tehtud ettevalmistustööd, mida üksikasjalisemalt on arendatud tunni plaan, endastki mõista — mida vilunum on õpetaja, seda vähem osutub lahkuminekuid plaani ja tema reaalse teostamise vahel õppetöös. Tunniks ettvalmistamise küsimust vaatlesime juba § **13.**

6. Plaani täitmise kontroll. Oma töö süstemaatiline analüüs ja arvestus on suure tähtsusega eriti noorele õpetajale. Kavandatud plaanide täitmise kontroll võimaldab õpetajale õigeaegselt likvideerida plaanist mahajäämist, kõrvaldada puudused töös ja lõpuks tuua nähtavale töö õnnestunud ning ebaõnnestunud vormid. Õpetaja õpib kriitiliselt suhtuma oma töösse, seda detailselt analüüsima, see aga võimaldab tal tõsta oma kvalifikatsiooni. Tuleb kontrollida aasta- ning temaatilise plaani täitmist ja eriti hoolikalt — üksikute tundide plaani täitmist.

Kontrolli tulemused peab õpetaja üles kirjutama oma töö päeviku kujul, mis võimaldab omada järgmiseks aastaks väärtuslikku metoodilist materjali.

§ 43. Õpilaste teadmiste arvestamine.

1. **Arvestamise tähtsus.** Ratsionaalselt korraldatud ja süstemaatiliselt teostatud arvestamine võimaldab eelkõige nähtavale tuua ning objektiivselt hinnata õpilaste konkreetseid teadmisi, harjumusi tähtsaimate mõõte- ja mõningate teiste füüsika riistade kasutamises ja oskust rakendada oma teadmisi ümbritseva elu nähtuste seletamiseks. Teadmiste arvestamise tähtsus aga ei ammendu eespool mainitud tegelike eesmärkidega, tal on oma sügav hariduslik ja kasvatuslik tähtsus. Arvestamine distsiplineerib õpilasi, kasvatab neis vastutustunnet oma töö eest, arendab neid, õpetades neid loogiliselt mõtlema ning analüüsima. Selles mõttes võib arvestamist vaadelda kui üht tähtsamaist õpetamise meetoditest. Ei tule unustada ka seda, et õpilaste teadmiste arvestamise tulemused võivad olla õpetajale ka tema isikliku töö kontrolliks. Tõepoolest, õpilaste teadmised ja nende poolt ühest või teisest küsimusest arusaamine ei sõltu mitte ainult neist, vaid ka sellest, kuivõrd õigesti on õpetaja osanud üles ehitada aine käsitlust metoodiliselt.

2. **Arvestamise sisu. Hinded.** Arvestamisel tuleb nagu ei kuski mujal rangelt kinni pidada alatiseks kindlaksmääratud süsteemist. Kui õpilastele on antud ülesandeks läbi töötada raamatu teatavad paragrahvid, lahendada ülesandeid, koostada aruanne sooritatud laboratoorse töö kohta jne., siis selle ülesande täitmist tuleb tingimata kontrollida ja hinnata; kõrvalekaldumised sellest reeglist on lubamatud. Tarvitseb vaid üks kord vahele jätta kontrolli, et mõned õpilased järgmiseks korraks juba jätaksid ülesande täitmata. Iga kasvatuslik süsteem koosneb tervest reast formaalsetest elementidest, ja kui õpetaja loobub mõningatest neist, siis ta lõhub sellega kogu süsteemi.

Missuguseid teadmiste elemente tuleb arvestada ja hinnata? Pedagoogilises protsessis tuleb arvestada kõike seda, millega on õpilasel tegemist, õppides tundma aine üht või teist küsimust. Tuleb arvestada mitte ainult koduste tööde täitmist, vaid ka füüsikaliste faktide teadmist õpilaste poolt, oskust kirjeldada nähtuste kulgemise käiku ning vastavate riistade ehitust, oskust seletada mõistete ning seaduste sisu, seaduste ning mõninga definitsiooni sõnastuse teadmist, oskust lahendada füüsika-alase sisuga ülesandeid, õpilaste polütehnilist laadi vilumusi mõõtmistel ning mõningate riistade käsitsemisel jms. Peale selle selgub arvestusel taiplikkus, mõtlemise arenemisaste jne. Arvestamisele kuulub ka kirjutuste kujundamine vihikutes, joonised jne.

Õpilaste teadmiste arvestamise vormid võivad olla kõige mitmekesisemad. Selles suhtes tuleb juhinduda näpunäidetest ÜK(b)P KK määruses 25. VIII 1932. a., kus on öeldud:

„Kooli töö arvestamise aluseks tuleb panna jooksev individuaalne, süstemaatiliselt teostatav õpilaste teadmiste arvestus. Õpetaja peab õppetöö protsessis tähelepanelikult tundma õppima igat õpilast. Selle tundmaõppimise alusel on õpetaja kohustatud koostama iga veerandi lõpus iga õpilase iseloomustuse antud aine alal."

Sellest määrusest järeldub, et veerandihinne, mis iseloomustab õpilase edasijõudmist füüsikas, peab olema kinnitatud tema jooksva töö mitme hindega. Õpilaste teadmiste hindamist ühe arvestuse alusel veerandi lõpul ei tohi seitsmeklassilises koolis esineda. Iga õpilane peab saama veerandi jooksul mitu hinnet (kaks-kolm) oma teadmiste ja oma töö eest aines. Õpilaste suur arv klassis sunnib õpetajat selle nõude täitmiseks eriti hoolikalt läbi mõtlema õpilaste teadmiste arvestamise kogu süsteemi.

Käesoleval ajal toimub õpilaste edasijõudmise hindamine viiepallilise süsteemi järgi. Küsimus hinnete normide kohta on olnud sageli arutusel nii metoodilises kirjanduses kui ka õpetajate kollektiivides. Kuid katsed kehtestada rangelt ettekirjutatud norme on ikka nurjunud. Õpilase ning õpetaja individuaalsed iseärasused ja töö igasugused spetsiifilised tingimused eeldavad pedagoogilise protsessi selles valdkonnas otsustavat osa. Vilunud õpetajad lähevad harva lahku õpilase mingisuguse vastuse hindamisel, kuid vaevalt suudaksid nad kõikidel juhtudel veenvalt, ammendava täielikkusega põhjendada oma hindeid. Kogemuste tulemusena areneb õpetajal välja omapärane intuitsioon, mis aitab tal leida igal erijuhul küsimuse õige lahenduse. 1939. aastal andis VNFSV Hariduse Rahvakomissariaadi riiklik koolide teadusliku uurimise instituut välja hinnete normide projekti füüsika alal 6.—7. klassis. Selles on konkreetsete näidete varal antud nende nõuete põhjalik analüüs, mida tuleb, projekti autorite arvates, esitada õpilaste teadmistele vastava hinde väärimiseks. Direktiivset laadi see projekt ei ole küll saanud, kuid noorel õpetajal tasub tutvuda tema sisuga.

Hinnete näidisnormid, mis on välja töötatud VNFSV Hariduse Rahvakomissariaadi riikliku koolide teadusliku uurimise instituudi poolt (esitatakse lühendatud kujul).

„Väga hea" (5) saamiseks nõutakse:

1. Põhi- ja täiendava (vähemolulise) õppematerjali teadmist täies ulatuses ja sealhulgas põhikatsete tundmist, mis on näidatud klassis või on kirjeldatud õpikus. Seaduste täpset sõnastamist ja nende seadustega seotud kvalitatiivsete ning kvantitatiivsete sõltuvuste igakülgset seletamist suuruste vahel, mis iseloomustavad antud nähtust.
2. Kogu õppematerjali head arusaamist õpilase poolt.
3. Laitmatut esitamise vormi, vastavalt klassi õpilaste arengule.
4. Ülesannete lahendamist, mis on vähe keerukamaks tehtud võrreldes nendega, mis on vaid seaduste ja reeglite lihtsaks rakenduseks, nõudes ainult andmete asemelepanekut.
5. Korralikku ja täie arusaamisega laboratoorsete tööde sooritamist ning nende aruannete koostamist.

„Hea" (4) saamiseks nõutakse:

1. Põhi- ja osa täiendava (vähemtähtsa) materjali täielikku teadmist.
2. Arusaamist õppematerjalist neis raamides, mis on antud õpetaja poolt tunnis või on käsitatud õpikus.
3. Oskust vabalt lahendada ülesandeid, mida harilikult lahendatakse klassis.
4. Laboratoorsete tööde sooritamist ja nendest aruandmist.

„Rahuldava" (3) saamiseks nõutakse:

1. Programmi põhiõppematerjali teadmist. Seaduste sõnastamist.
2. Arusaamist põhiõppematerjalist, mida ta väljendab õpetaja teatava abiga vastuse üksikute osade juures.
3. Lihtsate ülesannete iseseisvat lahendamist.
4. Laboratoorsete tööde sooritamist ja nendest aruannete koostamist.

Hinne „puudulik" (2) pannakse osa põhimaterjali mitteteadmisel, lihtsamate ülesannete lahendamise mitteoskusel, kursuse põhiküsimustest mittearusaamisel.

3. Koduste ülesannete arvestamine. Koduste ülesannete hulka füüsika alal kuuluvad: ülesannete lahendamine, õpetaja poolt esitatud küsimuste vastamised, diagrammide ning graafikute valmistamine, teinekord aruande koostamine sooritatud laboratoorse töö kohta, õpiku läbitöötamine ja tunduvalt harvemini ajakirjaartiklite, lugemiku või populaarteadusliku raamatu lugemine. Viimasel ajal hakkab järk-järgult tungima kooli uus tööliik — kodused füüsika laboratoorsed tööd.

Kuidas kontrollida, kas õpilased lahendasid neile esitatud ülesanded? Selleks ei ole tingimata vajalik, et õpetaja võtaks igakord kontrollimiseks koju õpilaste vihikud. Kontrollida saab klassiski võrdlemisi kiiresti. On küllaldane kutsuda kaks-kolm õpilast klassitahvli juurde ja anda neile ette valmistada ülesannete lahendamist. Kuni tahvli juurde kutsutud õpilased valmistuvad vastamiseks, jõuab õpetaja põgusalt läbi vaadata vähemalt enamiku õpilaste vihikuid. Selguvad otsekohe need õpilased, kes pole täitnud ülesannet ja neile kõigile pannakse mitterahuldavad hinded. Selle järel kogu klass kuulab ära tahvli juurde kutsutute vastused ja hinnatakse ka nende töö. Pole mingit vajadust välja panna hindeid kõikidele õpilastele, kes on töö täitnud. Samal viisil toimub ka diagrammide ning graafikute valmistamise kontroll. Vastuseid õpetaja poolt esitatud küsimustele arvestatakse küsitlemise teel, või kui nad sisaldavad graafilist materjali, siis vastavate skeemide või jooniste eespoolosutatud läbivaatamise teel.

Klassis sooritatud laboratoorsete tööde aruannete läbivaatamine, kui aruannete kujundamine oli antud koduseks tööks, samuti ka koduste laboratoorsete tööde aruannete läbivaatamine on kohustuslik. Nende aruannete vormi kohta vt. § 27, 6. Aruanded antakse õpetaja kätte ja vaadatakse tema poolt läbi väljaspool klassi tööaega. Töö lõplikul hindamisel numbriga arvestatakse mitte ainult aruande kvaliteeti, vaid ka tähelepanekuid õpilaste kohta töö täitmise ajal (aktiivsust, iseseisvust töös, hoolikat suhtumist riistadesse) ja lõpuks õpilase üldist käitumist laboratoorse töö ajal. Õpilastelt tuleb

nõuda laboratoorsete tööde tulemuste korralikku üleskirjutamist, oskuslikke ning hästi tehtud joonestusi, skeeme ja riistade jooniseid. Töö kujundamise välisele küljele õpilase poolt tuleb üldiselt pöörata erilist tähelepanu, sest sel on suur kasvatuslik tähtsus. Nagu iga õpetaja koolis, nõnda ka füüsika õpetaja ei ole ainult spetsialist oma aine alal, vaid eelkõige pedagoog-kasvataja. Seda tuleb alati meeles pidada.

Kui õpetaja peab järjekindlalt kinni koduste tööde kontrollimise ja hindamise süsteemist, siis ta saavutab peagi, et kõik õpilased töötavad süstemaatiliselt.

4. Õpilaste suuline küsitlemine. Suuline küsitlemine on olemuselt õpilaste füüsika teadmiste arvestamise põhivormiks seitsmeklassilises koolis. Suulise küsitlemise metoodikat vaadeldakse küllalt üksikasjalikult pedagoogika kursuse didaktika osas, mille põhiteesid on täielikult rakendatavad kooli kõikidele õppeainetele, sealhulgas muidugi ka füüsikale. Õpilaste suuline küsitlemine on õpetaja töö üheks raskeimaks vormiks. Oskus hästi esitada küsimusi nõuab õpetajalt hoolikat ettevalmistust, ja noor õpetaja ei omanda seda kunsti kohe, vaid ainult kogemuste ning enda kallal tõsise töö tulemusena. Oskus hästi õpilasi küsitella on õpetaja metoodilise kvalifikatsiooni õigeks ja selgeks mõõdupuuks.

Tüüpilised vead, mida teevad paljud vähekogenud õpetajad, seisavad peamiselt järgmises. Küsitellakse ainult üksikuid, tahvli juurde kutsutud õpilasi, teistele õpilastele aga ei pöörata mingit tähelepanu; üksikute õpilaste küsitlemine venib pikale ja muutub arvestamise vormiks; esmalt kutsutakse välja õpilane ja siis esitatakse küsimus, sealjuures vastusele mõtleb ainult väljakutsutud õpilane, kogu klass aga jääb passiivseks. Palju õigem on esmalt esitada küsimus kogu klassile, anda aega mõtlemiseks ja alles pärast seda kutsuda välja üks või teine õpilane vastamiseks.

Ei ole haruldased puhtformaalsete küsimuste juhud, nagu: Mida nimetatakse plokiks? Mida nimetatakse spektriks? Mis on kang? Kas rõhumine on sõltuv anuma kujust? jne. Küsimuse formaalne, sisutu seade põhjustab samasuguseid sisutuid vastuseid õpilaste poolt. Õpilaste teadmiste arvestamise metoodikale mõeldes peab õpetaja alati silmas pidama, et õppeprotsessi ülesandeks, tema lõppeesmärgiks, on mitte ainult programmi materjali faktiline teadmine, vaid ka õpilase tunnetamisvõimete arendamine. Õpilane peab oskama mitte ainult sidusalt jutustada ühe või teise füüsikalise tõsiasja või seaduse sisu, oskama põhjendada teda katse kirjeldamise jne. teel, vaid ta peab kogu aeg õppima rakendama oma teadmisi teatavate ülesannete lahendamiseks, mida õpetaja talle esitab. Ainult sel teel võibki harjutada õpilasi kasutama teadusliku mõtlemise meetodit. Sellelt vaatekohalt on suuline küsitlemine mitte lihtsalt õpilaste teadmiste kindlakstegemise formaalne

akt, vaid äärmiselt tähtis meetod õpilaste tunnetusvõimete arendamiseks.

Suulisel küsitlemisel tuleb nõuda klassitahvlile riistade ehitust seletava skeemi või joonise, ja mõningatel juhtudel graafiku joonestamist, mis iseloomustab füüsikalist protsessi. Sama suure tähtusega on võte, kui õpilane, kasutades riistu, kordab ise õpetaja poolt demonstreeritud ühe või teise lihtsaima katse.

5. Kirjalikud kontrolltööd. Kirjalikud füüsika kontrolltööd on üheks arvestamise liigiks. Nende kasutamine 6.—7. klassis on piiratud. Kontrolltöid korraldatakse mitte sagedamini kui kord veerandis, pärast terve osa või teema läbivõtmist. Rajada teadmiste arvestust ainult kontrolltöödele on täiesti ebaõige. Kontrolltööd on ainult arvestuse üheks täiendavaks liigiks teadmiste jooksval igapäevasel kontrollimisel. Mitmesugustest argumentidest, mida tuuakse kontrolltööde kaitseks, väärivad tähelepanu kaks asjaolu. Esiteks — korraldades kontrolltöö, võib õpetaja saada ainult *ühe tunni* aja kuluga kujutluse *kogu klassi* teadmistest füüsika antud jaos. Teiseks — kontrolltööd näitavad õpilaste võimeid esitada oma *teadmisi kirjalikult*. Arvestades viimast asjaolu, ei tule piirduda kontrolltöödes ainult seaduste sõnastustega, füüsikaliste suuruste definitsioonidega, arutlust nõudvate küsimuste ja ülesannetega. Tuleb anda õpilastele ülesandeks *kirjeldada* katset või käsitella ühte või teist füüsika küsimust. Seda liiki kirjandid aitavad arendada õpilaste *kirjakeelt*, sõnastuste täpsust ja võimaldavad otsustada selle üle, missugust füüsika-alaste *oskussõnade* tagavara õpilane valdab. Kontrolltööde korraldamisel tuleb jälgida õpilaste kirjaoskust. Isegi siis, kui õpilased kirjutavad laitmatult etteütlusi ja kirjandeid emakeeles, teevad nad füüsika kontrolltöödes teinekord palju õigekirjavigu. Selle põhjuseks võivad olla erilised kõnekäänud, uued oskussõnad ning sõnad, mis on harjumatud õpilastele, muidugi aga ka mitteküllaldane üldettevalmistus emakeeles. Füüsika õpetaja ei saa võtta endale emakeele õpetaja funktsioone, kuid kui ta ei hooli kõnekäändude õigest tarvitamisest õpilaste poolt ja kirjaoskusest, siis ta ei edenda õpilaste kirjaoskuse tõusu, vaid isegi pidurdab seda. Arvestades õpilaste üldarengut ning ettevalmistust, tuleb õpetajale soovitada korraldada vähem kirjalikke kontrolltöid 6. klassis, täiel määral aga kasutada neid 7. klassis.

Tähelepanu väärib võimalus anda kontrolltöödes küsimusi mitmesuguse *raskuse astmega* — lihtsamaid väheedasijõudjatele ja keerukamaid eriti edukalt töötajatele. Igasse kontrolltöösse tuleb sisse võtta:

1) *küsimus*, mis vajab kirjeldamist, 2) *arvutusülesanne*, 3) *küsimus-ülesanne* kaalutlemiseks. Seaduste ning definitsioonide sõnastusi ja valemite kirjapanekut ilma nende kasutamiseta arvutusteks ei saa soovitada kontrolltööde küsimustena, kuna vastused neile võivad olla mitteiseseisvad.

Toome näitena tüüpilise *kontrolltöö*:

1) Kirjeldage katseid, millede abil saab otsustada elektrivoolu suuna üle.

2) Leidke elektripliidi takistus, kui selle võimsus on 600 vatti 120-voldise pinge puhul.

3) Ühesuguse ristlõikega vask- ja raudtraat on ühendatud järjestikku. Kumb soojeneb enam neist voolu läbilaskmisel?

Kaalutlemiseks määratud küsimused tundmaõpitud materjali ulatuses võivad olla missugused tahes; mis puutub aga arvutusülesannetesse, siis nad peavad olema sama tüüpi, milliseid lahendati klassis.

Kontrolltööde tähtajad ja üldine sisu teatatakse õpilastele aegsasti ette, selleks et anda neile võimalust ette valmistuda.

Tööde hindamisel tuleb eelkõige lähtuda sellest, kas õpilane on õigesti ja hästi v a s t a n u d esitatud küsimustele ja ülesannetele. Hinnet ei tule vähendada veidi lohaka kujundamise ja juhuslike aritmeetiliste vigade eest, kui nad ei ületa teatavaid piire; kuid vajadusele suhtuda töösse korralikult ja tähelepanelikult tuleb pöörata süstemaatiliselt õpilaste tähelepanu.[1] Õigekirjavigade paljastamine on kohustuslik; õpilastele tuleb mõista anda, et sellised vead on lubamatud ja viivad hinde alandamisele.[2]

6. Füüsika eksamid. Füüsika eksamid korraldatakse ainult 7. klassi lõpus. Nende organiseerimine ja korraldamise metoodika on täpselt kindlaks määratud juhtivate asutiste poolt antud erieeskirjades. Ministeerium koostab ü h t s e d e k s a m i p i l e t i d vabariigi kõikide koolide jaoks. Neis on peale suulist käsitlust nõudva k ü s i m u s e antud ka ü l e s a n n e t e tüübid. Õpetajal jääb ainult valida konkreetsed ülesanded. Peale selle, kuna eksamipileteisse on sisse võetud kohustuslikus korras õpilaste teadmiste kontrollimine füüsikalises katses iseseisvate l a b o r a t o o r s e t e t ö ö d e kujul, siis peavad õpilased olema selleks ette valmistatud. Kui koolis korraldatakse süstemaatiliselt laboratoorseid töid, siis see ülesanne lahendub võrdlemisi lihtsalt; aasta lõpul tuleb õpetajal ainult taastada õpilaste mälus tööde korraldamise metoodikat. Selleks tuleb koguda aegsasti kõige olulisemad tööd, paigutada nad laboratooriumi ja teha õpilastele ettepanek neid vabal ajal hoolega läbi vaadata või ka uuesti läbi teha.

Ülesanne muutub keerukamaks, kui koolis pole süstemaatiliselt korraldatud laboratoorseid töid. Sel juhul tuleb õpetajal korraldada õppeaasta lõpul rida laboratoorseid töid ja tutvustada õpilasi nendega tegelikult. Peale selle on vajalik, et iga õpilane teeks iseseisvalt läbi kaks-kolm katset nende hulgast, mis on demonstreeritud

[1] Teadmiste arvestamise küsimuses tuleb silmas pidada ajakirjas «Физика в школе» ilmunud artiklitest järgmisi: Т в о р ч е с к и й. Учет работы по физике в неполной и полной средней школе, 1933, № 1. Б о г и н с к и й, Проверка знаний по физике в средней школе, 1940, № 6.

[2] Hindamisel tuleb tingimata arvestada ka lohakust kontrolltöö kujundamisel ja aritmeetilisi vigu; vastasel korral suhtuvad õpilased töö kujundamise ja arvutuste küsimusse hooletult. Toimetus.

õpetaja poolt. Haridusministeeriumi juhendid lubavad asendada piletitesse võetud katseid teistega. Igas koolis, isegi sellises, kus füüsikakabinet on halvasti sisustatud, võib alati korraldada rea lihtsaid katseid lihtmehhanismide, inertsi, hõõrdumise jms. alal. Igal tingimusel peavad 7. klassi õpilased eksamil hästi oskama kirjeldada ja kasutada selliseid riistu, nagu: pikkuse, ruumala, raskuse ja jõu mõõtmise riistad; lood ja vesilood; baromeeter, termomeeter, kalorimeeter, plokk, kang, voltmeeter ning ampermeeter, kompass jt. Peale selle on vajalik, et õpilased oskaksid sooritada kõige lihtsamaid katseid, mis illustreerivad selliseid küsimusi, nagu inertsi, hõõrdumist, elektrikõlistit või -lambikesega elektri-vooluringi koostamist, magnetpooluseid ning magnetvälja; elektromagneti lülimist, kujutise saamist läätse abil jms.

Vastuseks pileti teemale peab õpilane pärast küllaldast ettevalmistumist *sidusalt jutustama* kõigest sellest, mis ta teab antud küsimuse kohta. Vajalikud selgitavad joonestused peab õpilane tegema klassitahvlile või äärmisel juhul paberile. Jutustamise ajal ei tule õpilast katkestada. Küsimusi teema kohta esitatakse õpilasele pärast seda, kui ta on lõpetanud oma jutustuse. Peale selle seletab õpilane antud ülesande lahendamist, kui sellist talle anti, ja lõpuks demonstreerib katset või mõõtmist. Eksamit peab juhtima õpetaja ise, mitte aga seda üle andma assistentidele. Assistentide küsimused on lubatavad ainult eksamit juhtiva õpetaja loal.

Koolitöö kogemused on näidanud *konsultatsioonide* organiseerimise suurt tähtsust vahetult enne eksamit. Konsultatsioone ei tule muuta „pähetuupimiseks" ega kursuse süstemaatiliseks kordamiseks. Konsultatsioonidel peab õpetaja abistama õpilasi selguse loomisel neile mitte küllalt selgetes küsimustes, mis tekitavad neile raskusi eksamile ettevalmistamisel. Peale selle tuleb välja panna kõik need katseriistad, mida kasutatakse eksamil, et õpilased saaksid kontrollida ja vajaduse korral ka taastada nende poolt varemalt omandatud oskusi. Lõpuks tuleb välja panna ka kõik need näitlikud õppevahendid (pildid, diagrammid, mudelid jms.), mida õpilane võiks kasutada ühtede või teiste küsimuste seletamisel eksamil.

§ 44. Läbivõetu kordamine.

1. Kordamise tähtsus. „Kordamine on tarkuse ema" — ütleb vanasõna. Selles vanasõnas on väljendatud õige, tohutuil kogemustel põhjenev pedagoogiline mõte. Inimese mälu ei suuda kinni pidada teadvuse kogu möödunud tegevust; inimene unustab paljugi sellest, mis ei kordu, millega ta ei puutu hiljem kokku. On vajalik, et õpilased, jõudes õppeaasta lõpule, teaksid kogu põhimaterjali, mis on õpitud nende poolt aasta jooksul. Kuid see on võimalik ainult sel juhul, kui seda materjali põhijoontes korratakse *süstemaatiliselt*. Seejuures ei tule kordamisele vaa-

data kui pedagoogilise protsessi erilisele lisandile; ta peab saama tema lahutamatuks osaks, orgaaniliselt sisse kasvama õpetamise metoodikasse.

Meenutame, et paremaks meelespidamiseks on suur tähtsus materjali süstematiseerimisel tema õppimisel, allutades teda kindlale ideede ringile. Selline materjali süstematiseerimine võimaldab kindlaks teha vastastikused seosed üksikute füüsikaliste nähtuste ning seaduste vahel, mis kergendab meelespidamist. Mida paremini ja arukamalt on materjal omandatud õpilaste poolt tema õppimisel, seda vähem aega on vaja tema taastamiseks aasta lõpul.

2. Kordamise ühendamine teadmiste arvestamisega. Õpilaste teadmiste igapäevane süstemaatiline kontrollimine ongi sisuliselt kordamiseks õppeprotsessis. Ei ole mingit vajadust eraldada aega vana kordamiseks uue materjali õppimisel. Kui õpilased ei ole aru saanud ühest või teisest küsimusest, siis tuleb sellel peatuda, mitte aga lootma jääda tema viimistlemisele hiljem, kordamisel; ainult tagades arusaamist ning omandamist võib liikuda edasi.

Paljude koolide praktikas esineb juhtumeid, kus õpetaja pühendab osa tunnist varem tundmaõpitud materjali kordamisele, ilma igasuguse seoseta tundmaõpitava jooksva materjaliga, ja seda vahel ka mingi vajaduseta, ainult väära pedagoogilise traditsiooni tõttu — korrata igas tunnis. Õpilaste tähelepanu lülitub sel juhul ümber teistele küsimustele, kusjuures pidurdatakse kunstlikult teadvuse tööd ja koormatakse üle mälu. Sellist metoodikat ei saa tunnustada pedagoogiliselt õigustatuks. Õppeprotsessi õigel organiseerimisel tuleb õpetatu kordamist orgaaniliselt siduda uue materjali õppimisega; sel juhul ei ole kordamiseks eri aega vajagi. Seepärast ühendades iga tunni algul arvestamist kordamisega, peab õpetaja esitama küsimusi peamiselt selle materjali kohta, mille selget tundmist on vaja vaadeldava küsimuse edukaks käsitlemiseks. Suurim tähtsus on seejuures esitatavate küsimuste järjekorral; neid tuleb esitada mitte segamini, vaid seoste põhjal nähtuste vahel, selle eesmärgiga, et hiljem need vastused saaksid edasiarendamise baasiks teemale, mida õpitakse tundma antud tunnis. Peale küsimuste võib samaks otstarbeks kasutada ka ülesandeid. On küllaldane läbi vaadata tähelepanelikult 6.—7. klassi programm, selleks et veenduda, et tema järgnevate teemade õppimine põhineb eelmiste teemade materjali tundmisel. Meetermõõdud korduvad näiteks peaaegu kõikides 6.—7. klassi teemades; erikaalu mõistet kohtab õpilane õppides tundma vedelikkude omadusi, õhurõhku, Arhimedese seadust ja isegi kalorimeetriat. Soojusõpetuses kasutatakse õpilaste kogu teadmisi aine kolmest olekust jne. Mõistega jõud, mis antakse 6. klassis, puutub õpilane kokku mehaanika algkursuses. Õpetus tööst, energiast ja energia jäävuse seadusest läbivad kogu 7. klassi programmi jne. Seostades

tundmaõpitud materjali uuega, me mitte üksi ei korda, vaid teeme kindlaks funktsionaalsed seosed mitmesuguste füüsikaliste nähtuste vahel ja kujundame sellega õpilastes ideed looduse ühtsusest.

3. Kordamine kui töö eriliik. Kas eespool kordamise kohta öeldu tähendab, et tuleb täiesti loobuda materjali kordamisest kui töö eriliigist? Sellist järeldust ei tule teha. Iga veerandi lõpus, pärast seda, kui on tundma õpitud kursuse teatav peatükk, tuleb pühendada üks kuni kaks tundi läbivõetu *üldülevaatele*. Sellised ülevaated on kasulikud mitmes mõttes: neis kriipsutatakse eelkõige alla tundmaõpitud materjali tähtsamaid külgi, koondatakse õpilaste tähelepanu teema sõlmküsimustele, jälgitakse seoseid nähtuste vahel, ja kogu teemale antakse *tervikliikkus*. Aasta lõpul määratakse sellistele ülevaadetele tunduvalt rohkem aega. Õpilased lähenevad aasta lõpule rikastatuna teadmistega ja teatava võimega füüsikaliseks mõtlemiseks. Oleks metoodiliselt ebaõige korrata õppematerjali *nende samade võtetega*, mida kasutati selle esialgsel õppimisel. Uued teadmised ja võimed, mis õpilased on omandanud õppeaasta jooksul, võimaldavad aastakursuse materjali kordamisel käsitada seda üldisematest *vaatekohtadest* ja korrata kursust lühema aja jooksul.

Kõik eespoolöeldu käib eriti 7. klassi kohta, mille õpilased sooritavad lõppeksamid füüsika kaheaastase kursuse ulatuses. Kui õpetajal läks korda aasta kestel kordamist orgaaniliselt siduda tundmaõpitava uue materjaliga, siis õpilaste ettevalmistamine lõppeksamiks lahendatakse rahuldavalt 12—14 tunniga, mis on eraldatud *eriliselt* selleks otstarbeks tööde lõpul 7. klassis.

On selge, et kordamisele tuleb õpetajal mõelda mitte õppeaasta lõpul, vaid tema algusest peale, oma töö plaanimisel.

Paljud õpetajad arvavad, et korrates aasta lõpul füüsika kursust eksamitele valmistumise korras, on piisav läbi arutada koos õpilastega ainult need küsimused, mis seisavad eksamipiletites. See seisukoht pole õige ja võib viia arusaamatustele. Esiteks korraldatakse eksam seitsmeklassilise kooli kogu kursuse kohta; seepärast peab õpilane olema valmis vastama programmi mistahes küsimusele ja eksamineerijail on õigus neid temale esitada; teiseks on paljud küsimused tihedalt omavahel seotud ja selleks, et hästi vastata pileti küsimusele, peab õpilane tundma materjali, mida piletites ei ole nimetatud.

Õpilaste ettevalmistamine peab toimuma seitsmeklassilise kooli *kogu programmi* järgi. See ei tähenda muidugi, et kõiki küsimusi tuleb viimaseni uuesti õpilastega läbi töötada; on küllaldane piirduda *põhiküsimuste* kordamisega. Kordamisel on kõige parem ära märkida rida „sõlmteemasid" ja nende ümber koondada materjal mitmesugustest kursuse osadest.

Näiteks on kursuse üheks juhtteemaks: „Energia jäävuse seadus". See teema võimaldab korrata õpilastega niisuguseid tähtsaid küsimusi nagu: tööd, võimsust, lihtmehhanismide kasutegurit, töö

muundumist soojuseks, kalorimeetrilisi bilansse, voolu soojuslikku toimet, vooluga juhtme liikumist magnetväljas (elektrimootorid), elektromagnetilist induktsiooni (dünamomasinad). Teema „Jõud ja nende mõjud" võib olla sideteguriks mitmesuguste küsimuste reale: raskusjõud (kaal, erikaal), hõõrdumisjõud, rõhumisjõud (rõhk), rõhu edasiandmine kehade poolt, õhurõhk, rõhk kehadele, mis on asetatud vedelikku või gaasi (Arhimedese seadus, ujumine) jt.

Teema „Mehaaniline liikumine" võimaldab uuesti läbi vaadata kogu kinemaatika osa.

Muidugi on võimalik ka teistsugune sõlmteemade valik. Kursuse ülevaatlik kordamine sõlmteemade järgi on, nagu ei ole raske näha, suure haridusliku ja kasvatusliku tähtsusega. Ta arendab eelkõige õpilaste mõtlemist ja on üheks vahendiks võitluses formalismiga õpilaste teadmistes. Lõpuks liidab ta õpilaste poolt kahe aasta jooksul saadud teadmised üheks harmooniliseks süsteemiks.

ÜHETEISTKÜMNES PEATÜKK.

FÜÜSIKA ÕPPERAAMAT.

§ 45. Füüsika õpik.

1. Õpiku osa ja tähtsus. Sageli võib tähele panna, et õpetaja käsitlus langeb nii sisult kui ka vormilt täielikult ühte, isegi kuni peenuste arutamiseni, õpiku käsitlusega, või õigemini — kopeerib seda. Selline õpetamisviis on täiesti ebaõige ja on seletatav ühega järgmisest kahest põhjusest. Mõnikord on õpetaja kvalifikatsioon mitteküllaldane või ta ehitab oma pedagoogilist protsessi ilma selle eelneva vajaliku läbimõtlemiseta. Sageli järgib õpetaja meelega niisugust käsitlusviisi, selleks et võimalikult kergendada õpilaste kodust tööd. Hea pedagoog aga, teades käsitluse vormi õpikus, ehitab siiski omaenda metoodilise süsteemi, mis on sageli väga erinev õpikus kasutatavast, kuid ta ehitab selle nii, et õpilased kasutavad eduga õpikut ja omandavad selle täielikult.

Seoses ülestõstetud küsimusega tuleb eelkõige selgitada õpiku ülesannet. Õpik on määratud mitte iseõppimiseks, vaid *abiks pedagoogilisele protsessile*, mis kulgeb põhimiselt klassis ja jätkub siis õpilaste kodustel töödel. Õpik peab käsitlema klassis tundmaõpitava *küsimuse olemust* küllalt lühikeses, kuid selges vormis, selle eesmärgiga, et õpilased võiksid kodus taastada mälus kõik õpetaja poolt sõnastatud põhimised juhtlaused ja need ära õppida. Õpikut ei saa siiski taandada *konspektiks*, sest esiteks tuleb õpilastel vahel *iseseisvalt* tundma õppida ühte või teist küsimust, kui nad näiteks puuduvad õppetööst, ja teiseks peavad õpilased läbivõetu kordamisel leidma õpikus mitte üksi tulemusi või järeldusi, vaid ka nende järelduste saamise protsessi. Lõpuks ei saa kõik õpilased, või mitte alati, ühekordsel sele-

tamisel küllalt aru kõigest, mida õpetaja käsitles tunnis, ja seepärast peavad täiendavalt u u r i m a kodus sama küsimust õpiku järgi.

Miks siis täielikku vastavust õpiku ja õpetaja käsitluse vahel tuleb vaadelda negatiivse nähtusena? Sellist vastavust võib tähele panna emma-kumma tingimuse puhul: 1) kui õpik vastab täielikult metoodika nõuetele ja 2) kui õpetaja, mis on peaasi, ei ole pedagoogilise protsessi loojaks, vaid annab tunnid aastast-aastasse õpiku poolt määratud šablooni järgi, sõltumata olukordadest (muuseas laste kollektiivi arengust ja huvidest).

Allpool §§ **52—111** ja eespool § **42** on antud juhendeid selleks suureks loovaks tööks, mida tuleb teha nõukogude pedagoogil valmistudes tundideks ja otsides parimaid teid suurima efektiivsuse saavutamiseks küsimuse käsitlemisel ja tema omandamisel õpilaste poolt. Sageli ilmneb, et üks ja sama pedagoog käsitleb küsimust ühe lastekollektiiviga laiemalt ning sügavamalt ja liigub teistsugust metoodilist teed mööda, kui sama vanuse ja klassi teise kollektiiviga.

Kui õpetaja on osanud selgitada küsimust õpilastele nii, et nad on tõeliselt sellest „aru saanud", siis õpiku lugemine, mis käsitleb sama küsimust, kuid võib-olla teistsuguste metoodiliste võtetega, teistsuguste sõnadega, teistsuguste näidetega, teistsuguste katsete kirjeldustega, — ei tekita raskusi, nagu seda näitavad massilised pedagoogilised kogemused. Veel enam — kohates veidi teistsugust küsimuse käsitlust, õpilased ainult süvendavad oma arusaamist sellest. Meie poolt esitatust ei järgne aga sugugi, et õpetaja peab oma käsitluses meelega eemalduma õpikust; kõik, mis on õpikus kõige paremat, mis on seal metoodiliselt kõige väärtuslikumat ning põhjendatut, peab kajastuma käsitluse vastavates kohtades. Esimene asi on õpetajal t u n d m a õ p p i d a kasutusel olevat õ p i k u t ja teisi olemasolevaid õpikuid, selleks et teada saada, kuidas lahendatakse metoodilisi küsimusi mitmesuguste autorite poolt. Metoodiliste võtete võrdlemise põhjal võib õpetaja valida selle tee, mille ta leiab olevat parima.

Füüsika õpikut kasutavad õpilased järgmisteks otstarveteks: 1) koduseks lugemiseks ja klassis tundmaõpitu omandamiseks; 2) õpetaja jutustuse puhul ning tema näpunäidete järgi k l a s s i s t u t v u m i s e k s teadlaste portreedega, mitmesuguste objektide väliskujuga ja keeruliste joonestuste joonistega vastavate seinapiltide ning teiste õppevahendite puudumisel[1]; 3) ü l e s a n n e t e l a h e n d a m i s e k s kodus õpetaja näpunäidete järgi; 4) õpilaste i s e s e i s v a k s t ö ö k s üksikute neile uudsete küsimuste tundmaõppimisel. Viimast võtet tuleb kasutada tihtilugu kursuse jooksul, selleks et harjutada õpilasi töötama täiesti iseseisvalt õpiku järgi. Seda ei tohi aga mingil juhul teha mingisuguste keeruliste küsimuste korral, vaid piirduda lihtsamate ja üksikjuhtudega. Peale

[1] Selline abinõu on lubatav ühenduses õppevahendite puudusega, mis on põhjustatud sõjast.

selle tuleb õpilaste poolt iseseisvalt tundmaõpitut tingimata läbi arutada klassis küsitlemisel, selleks et kõrvaldada võimalikke vigu.

2. Füüsika õpikud. Kuna 6. ja 7. klassi õpik püsib muutmata juba üle 10 aasta, siis õpetajal ei saanud olla valikut. Selle õpiku põhipuudus seisab eelkõige selles, et programmi pideval edasiarendamisel ei ole peaaegu üldse muudetud ei õpiku sisu ega seda enam tema metoodilist külge. Seepärast esines viimasel ajal (1946. ja 1947. a.) tunduvaid lahkuminekuid programmi ja õpiku vahel ning seejuures peamiselt metoodilisest küljest. Küllalt kujukaks näiteks on elektrostaatika väljajätmine 1944. a. programmist, kuna samal ajal elektrivoolu õpetus jäi õpikus käsitatuks selle osa põhjal.[1] Peale selle mõned küsimused, vastavalt varem kehtinud programmidele, osutusid põhjalikumalt käsitatuks, teised aga mitte nii täielikult, kui seda nõudis uus programm. Üldiselt sisaldas Falejevi ja Pjorõškini õpik mõningate küsimuste täiesti rahuldavat käsitlust, kuid osutus üsna ebatäiuslikuks elektri ja optika nähtuste käsitlemisel.[2]

Plaani koostamisel ja tundideks ettevalmistumisel tuleb õpetajal kasutada mitut õpikut, näiteks järgmisi:

I. А. В. Цингер, Начальная физика.

See klassikaliseks muutunud õpik on algallikaks, millest mitmed metoodiliselt õnnestunult lahendatud küsimused on üle kantud teiste autorite õpikuisse. Õpik väärib kõige hoolsamat tundmaõppimist õpetaja poolt, vaatamata sellele, et tema sisu mitmeti ületab füüsika algkursuse nüüdisaegse programmi ulatuse.

II. Д. И. Сахаров, Физика. Учебник для VI и VII классов школ взрослых.

III. Д. И. Сахаров, Физика. Учебник для педучилищ.

Erilist tähelepanu väärib esimene raamat. Raamatule on iseloomulik käsitluse tunduv lühidus, mis kohati läheb üle konspektiivsuseks. Õpik toob siiski eredalt nähtavale seosed nähtuste vahel. Teine raamat erineb esimesest ulatuslikuma materjaliga. Mõlemaid raamatuid võib soovitada õpetajale käsiraamatutena. Süstemaatiliseks kasutamiseks seitsmeklassilise kooli õpilastele raamatud ei ole kõlblikud.

IV. Tööraamatud (venekeelsed) 5-, 6- ja 7-nda õppeaasta jaoks mitmesugustelt autoritelt (Batšinski, Gorjatškin, Tsinger, Nemõtov, Falejev ja Pjorõškin, Neumann ja Sokolik).

Raamatud on kasutatavad õpetaja poolt mitte ainult tutvumiseks mõningate tehnika küsimustega (§ **10**), vaid ka ülesannete ja tehnilise sisuga küsimus-ülesannete ammutamiseks. Neis raamatuis

---

[1] Reas koolides täheldati elektrostaatika läbivõtmist, vaatamata selle väljajätmisele programmist.

[2] Vahepeal on ilmunud uus tunduvalt parandatud füüsika õpik A. Pjorõškin, G. Falejev ja V. Krauklis. Toimetus.

leiab õpetaja samuti hulgaliselt näiteid füüsikast igapäevases elus ja looduses.

3. Õpilaste üleskirjutused vihikutes. Suure tähtsusega õpitava meelespidamiseks on peale õpiku õpilaste üleskirjutused nende vihikutes. Tuleb nõuda, et igal õpilasel oleks eri füüsika vihik, mis sisaldaks üheaegselt nii klassis tehtud üleskirjutusi kui ka koduseid töid.[1] Joonestuste, diagrammide jne. konstrueerimise kergendamiseks on kasulik, et vihikud oleksid ruudulised. Asja normaalsel korraldamisel peab esimese kontsentri õpetaja üles kirjutama klassitahvlile teema nimetuse, tähtsaimate seaduste sõnastused, definitsioonid, uued sõnad ning oskussõnad, arvestamata jooniseid ja kirjutusi, mida harilikult kasutatakse seletuste ja ülesannete lahendamisel (joon. 61, 68, 101). Kõik need üleskirjutused peavad õpilased üle kandma oma vihikutesse ja selle nõude täitmist peab õpetaja kontrollima küsitlemisel (§ 43, 3).

§ 46. Õpilaste klassiväline lugemine.

Raamatud, mis on vajalikud õpilastele töö jaoks, ei tohi piirduda üksi õpikuga. Tõepoolest, füüsika õpetamise ülesandeks on ka harjutada õpilasi iseseisvalt lugema, selleks et nad süvendaksid ja laiendaksid oma teadmisi füüsikast vastava kirjanduse lugemise teel, kasutades esialgu konsultatsioone õpetajaga, hiljem aga töötades täiesti iseseisvalt. Seda nõuet saab täita käsiraamatute normaalsel valikul erilise füüsika lugemiku ja rangelt kindla valiku abil populaarteaduslikest ning tehnilistest raamatutest, mis on kirjutatud eriliselt seitsmeklassilise kooli jaoks, vastavalt tema programmile ja selle arendamiseks. Kuid ei lugemikku ega selliseid raamatuid Utšpedgiz'i (Õppepedagoogilise Kirjastuse) poolt välja antud ei ole.[2] Klassiväliseks lugemiseks tuleb seepärast õpetajal valida kõige sobivamad raamatud rohkearvulise populaarteadusliku ja tehnilise kirjanduse hulgast, mida on sadades nimetustes välja antud teiste kirjastuste poolt juba enne sõda.

Printsiibid sellise valiku aluseks on järgmised: 1) jõukohasus õpilastel käsiteldavate küsimuste iseseisvaks tundmaõppimiseks; 2) käsitluse küllaldane huvipakkuvus, mis äratab huvi teaduse ja edasise lugemise vastu; 3) käsiteldavate küsimuste aktuaalsus õpilaste jaoks, kes õpivad füüsikat seitsmeklassilises koolis.

Sisult peab selliste raamatute valik sisaldama küsimusi tehnika ning sõjaasjanduse alalt mõningate materjalidega füüsikast, mis

[1] Ülesannete üleskirjutuste kujundamisest vt. § 39; laboratoorsete tööde üleskirjutuste kujundamisest vt. § 27, 6.

[2] Lugemik ja populaarteaduslikke raamatuid (kooli tööraamatukogu) on välja antud õppepedagoogilise kirjastuse poolt teise astme, mitte aga esimese astme koolide jaoks (vene keeles).

on vajalikud aruteldavate küsimuste seletamiseks. Nende raamatute hulgas on tähtis koht igasugustel kirjeldustel, mis õpetavad mitmesuguste töötavate mudelite valmistamist ning tehnilist modelleerimist. Viimast tüüpi raamatutele on suur nõudmine õpilaste hulgas, kellel on kalduvusi mudelite ning mitmesuguste riistade ehitamiseks kodus. Suurt huvi pakuvad õpilastele raamatud huvitava teaduse ja tehnika alalt, sealhulgas need, mis sisaldavad „teaduslikku meelelahutust". Kõige vähem on raamatuid valida puhtfüüsikast, kusjuures nad taanduvad põhimiselt katsete ning riistade ehituse kirjeldamisele. Suure tähtsusega on ka fantastilised romaanid, peamiselt Jules Verne'i ja Wells'i omad. Lõpuks tuleb eriti märkida mõningaid raamatuid, näiteks Ильин, „Рассказ о великом плане" jt., mis tutvustavad mitte üksi füüsika ning tehnika küsimustega, vaid toovad eredalt nähtavale teaduse tähtsuse sotsialistlikus ülesehituses.

Seega peab vajalik raamatukogu füüsika klassiväliseks lugemiseks sisaldama eespool toodud põhimõtete alusel moodustatud valikut. Õpetajal tuleb eelkõige tutvuda populaarteaduslike raamatute osakonnaga oma kooli üldraamatukogus ja võtta nad arvele. Peale selle tuleb selgitada, missuguseid lugemiseks sobivaid raamatuid leidub lähemas linna või maa raamatukogus ja organiseerida sealt rändraamatukogu. Lõpuks tuleb kooli raamatukogu komplekteerida süstemaatiliselt, aastast-aastasse, kas ilmuvate uute raamatute ostmise teel raamatukauplustest või tellides posti kaudu. Populaarteaduslikest ajakirjadest tuleb tingimata tellida „Знание — сила" ja „Техника молодежи". Teateid ilmuvatest uutest raamatutest võib õpetaja leida nende ajakirjade rubriigist „Mida lugeda", samuti ajakirja „Физика в школе" bibliograafia rubriigist.

Populaarteaduslikku ja tehnilist kirjandust ning fantastilisi romaane on kõige parem hoida füüsika-kabineti juures õpilaste jaoks määratud väikeses raamatukogus; raamatuid laenutada tuleb siis õpetajal endal. Raamatute jaotamisel õpetaja enda poolt suureneb nende loetavus, ja peaasi — temal on kergem kui kellelgi teisel kindlaks määrata, kas antud raamat on jõukohane sellele või teisele õpilasele ning kas see suudab teda huvitada. Suure tähtsusega nõudmise tõstmiseks raamatutele on vitriini ülesseadmine klassis, milles on välja pandud klassis läbivõetavaid küsimusi käsitlevad raamatud (vt. II k., § 9, joon. 39).

§ 47. Õpetaja raamatukogu.

1. Raamatukogu tähtsus. Iga nõukogude pedagoogi, sealhulgas ka füüsika õpetaja ülesandeks on väsimata töö oma kvalifikatsiooni tõstmiseks; selle otseseks tulemuseks on õpetamise efektiivsuse suurenemine koolis. Kui õpetaja lõpetab selle töö enda kallal, siis algab kohe mitte ainult järkjärguline mahajäämine hoogsalt arenevatest teadustest — füüsikast ja nõukogude peda-

googikast, vaid ka otsene regress, sest mälust hakkab järk-järgult kaduma paljugi sellest, mis oli omandatud varemalt. Kvalifikatsiooni tõstmine peab minema kahes põhisuunas — füüsikas ja pedagoogikas, sealhulgas ka füüsika metoodikas. Jättes kõrvale õpetaja väljakutsumise küsimuse kvalifikatsiooni tõstmiseks korraldatavatele kursustele, tuleb näidata kvalifikatsiooni tõstmise põhiteed, nimelt — jätkata oma hariduse laiendamist ja süvendamist vastavate põhimiste käsiraamatute ja perioodilise kirjanduse iseseisva lugemise[1] teel. Seega tekib raamatute muretsemise ja ajakirjade tellimise küsimus ehk teiste sõnadega — õpetaja raamatukogu organiseerimise vajadus. Peale kvalifikatsiooni tõstmise on füüsika-alased raamatud vajalikud õpetajale temaatilise ja tunni plaani koostamisel (§ **13** ja § **42**, 3 ja 5), sest seda tööd tuleb alata ühe või teise füüsika küsimuse taastamisest mälus kogu tema laiuses ning täiuses.

2. Füüsika-alaseid raamatuid. Õpetaja raamatukogu peab sisaldama eelkõige ühe füüsika põhikursustest, mida kasutatakse peamiselt mitte süstemaatiliseks õppimiseks, vaid teatmete allikana eri küsimustes. Selliste kursustena võivad olla:

О. Д. Хвольсон, Курс физики, т. I—V, изд. 5-е, 1923, и т. I, изд. 6-е, 1933 г.

Э. Гримзель, Курс физики, ред. Бачинский, т. I, вып. 1 и 2, 1931—1932, и т. II, вып. 1, 1938.

Физический словарь, под ред. проф. Беликова, т. I—V, 1936—1938.

Füüsika kursusteks, mida kasutatakse süstemaatiliseks õppimiseks ja mis täiendavad Õpetajate Instituudis saadud teadmisi, oleksid järgmised:

1. raskuse astmes:

С. А. Арцыбышев, Курс физики для втузов, часть 1-я. Mehaanika, soojus. Molekulaarfüüsika, 1945., lk. 195. II osa. Elekter, 1945., lk. 260. III osa. Optika. Aatomi ehitus, 1945., lk. 328.

К. А. Путилов, Курс физики, т. I и II, изд. 4-е, 1940—1945.

V. A. Mihelson, Füüsika, I ja II jagu. RK „Teaduslik Kirjandus", 1948.

С. Э. Фриш и А. В. Тиморева, Курс физики, т. I, 1947, т. II, 1949, и т. III, 1951.

Н. В. Кашин, Курс физики, т. I, 1948, т. II, 1951.

2. raskuse astmes:

А. Б. Млодзеевский, Молекулярная физика, изд. 5-е, 1941.

А. А. Эйхенвальд, Электричество, изд. 8-е, 1933.

С. Э. Хайкин, Механика, изд. 2-е, 1947.

---

[1] Raskuste tekkimisel lugemisel tuleb õpetajal pöörduda selgituste saamiseks Vabariikliku Õpetajate Täiendusinstituudi matemaatika-, füüsika- ja astronoomiakabineti poole Tallinnas, või Õpetajate Instituutide matemaatika-füüsika kateedri poole Tallinnas või Tartus.

Г. С. Ландсберг, Оптика, 1940.

Акад. Иоффе, Курс физики, т. I. Механика. Теплота. Электричество, изд. 3-е, 1940.

Р. В. Поль, Введение в механику и акустику, изд. 2-е, 1933.

Р. В. Поль, Введение в современное учение об электричестве, 1931.

А. Г. Столетов, Собрание сочинений, т. III, Введение в акустику и оптику, 1947.

Э. В. Шпольский, Атомная физика,[1] т. I и II, 1950.

Peale nimetatute võivad õpetajale olla suure tähtsusega järgmised elementaarsed raamatud:

А. И. Бачинский, Физика в трех книгах, Учпедгиз, 1925—1927.

А. И. Бачинский, Учение о силах и о движении, Москва, 1914.

А. В. Цингер, Начальная физика. Вторая ступень. Механика. Москва, 1915.

Teatmikest füüsika alal tuleb tungivalt soovitada:

А. И. Бачинский, В. В. Путилов и Н. П. Суворов, Справочник по физике, 1941.

Teatmik on ette nähtud keskkooli jaoks ja sisaldab teatmeid mitmesugustest mõõdusüsteemidest, mitut liiki tabeliandmeid nii füüsikast kui ka osalt tehnikast, tähtsaimate füüsika konstantide suurusi, kronoloogilisi daatumeid füüsika ja tehnika ajaloost ja ka nende vastandamisi maailmaajaloo sündmustega. Teatmiku võtmine õpetaja raamatukogusse on vajalik.

3. Raamatuid füüsika ajaloo alalt. Noorel algajal pedagoogil tuleb pöörata erilist tähelepanu kahe suure lünga täitmisele oma hariduses. Pedagoogilised ja õpetajate instituudid ei anna tulevastele õpetajatele süstemaatilisi teadmisi füüsika ajaloost. Füüsika ajaloo teadmine aga on üks vajalikke tingimusi kursuse edukaks läbivõtmiseks seitsmeklassilises koolis. Tõepoolest, nagu osutasime sellele juba eespool § 9 ja osutame edaspidi igas metoodilises juhendis, tuleb õpetajal rõhuva enamiku teemade läbivõtmisel teatada õpilastele ühtesid või teisi ajaloolisi andmeid ja vahel ehitada oma käsitluse metoodika ajaloolise materjali alusele. Peale selle ilmneb teadmiste vajadus füüsika ajaloo alalt eriti klassivälise töö korral. Seepärast tuleb noorele pedagoogile-füüsikule tungivalt soovitada muretseda ja tundma õppida ühte käsiraamatutest, mis käsitleb füüsika ajalugu teatavas süsteemis. Selliste raamatute hulka kuuluvad füüsika ajaloo (§ 9) bibliograafia loetelus nimetatud.

4. Raamatud tehnika alalt. Meie pedagoogilise hariduse teiseks ja veelgi suuremaks lüngaks on õpetaja ettevalmistuse täielik puudumine tehnika küsimustes. Füüsika õpetamisel aga seitsmeklassilises koolis vaadeldakse igas teemas illustreerimise otstarbel tema

[1] On jõukohane ainult oma üksikutes osades.

tehnilisi rakendusi, rääkimata ekskursioonidest, mis nõuavad õpetajalt vastavat ettevalmistust tehnika küsimustes. Seepärast tuleb noorel pedagoogil tõsiselt tegelda oma hariduse selle lünga täitmisega. Käesoleval ajal ei ole müügil käsiraamatuid, mis oleksid kaasaegse tehnika elementide entsüklopeediaks. Nõukogude tehnilise entsüklopeedia esimene trükk on praegu läbi müüdud ja peale selle oleks ta mitte ainult kõlbmatu süstemaatiliseks tutvumiseks tehnika sõlmküsimustega, vaid teinekord raske isegi üksikute teatmete saamiseks. Mõningaid teatmeid tehnika alalt võib ammutada Suurest ja Väikesest Nõukogude Entsüklopeediast, aga ka Brockhaus'i ja Jefron'i vanadest väljaannetest. Peale õpetajale kättesaadava populaar-tehnilise kirjanduse eri küsimuste alal toob talle suurt kasu vananenud ja koolis õpikutena mittekasutatavate füüsika tööraamatute läbivaatamine. Nendest tööraamatutest olid suurima levikuga: А. И. Бачинский, Рабочая книга по физике для 5, 6 и 7 классов, Е. Н. Горячкин, Рабочая книга по физике для 5, 6 и 7 годов обучения, А. В. Цингер, Рабочая книга для 5 и 6 года. Neis raamatuis on kirjeldatud võrdlemisi suur hulk füüsika tehnilisi rakendusi kõige mitmekesisemais tootmisprotsessides.

Teatmete põhiallikaks õpetajale kaasaegse tehnika elementidest võib olla ja peab olema käesoleval ajal ilmuv ajakiri „Техника молодежи". Seda tuleb tellida ja süstemaatiliselt uurida; veel enam — tuleb katsuda kätte saada selle ajakirja möödunud aastakäike ja läbi uurida enamik neis leiduvatest artiklitest. Ajakirja artiklid on kirjutatud tehnikute ning füüsikute, silmapaistvate eriteadlaste ning popularisaatorite poolt ja kui neid artikleid uurida möödunud aastakäikude järgi, siis nad mitte ainult et varustavad õpetajat rikkalikult teadmistega tehnika alalt, sealhulgas ka sõjatehnika osas, vaid laiendavad tugevasti ka tema kui füüsiku silmaringi. Ajakiri „Техника молодежи" peab saama õpetaja käsiraamatuks seda enam, et oma eri osades võib teda soovitada lugemiseks ka õpilastele. Ajakirja eriti suur tähtsus seisab aga selles, et orientatsioon temas on võetud meie nõukogude tehnika ning teaduse saavutustele ja nende tähtsuse esiletoomisele sotsialistlikuks ülesehituseks. Ammendavaks käsiraamatuks sõjatehnika alal on tuntud metoodiline käsiraamat: В. П. Внуков, Физика и оборона страны, 5-е изд., 1943.

5. Metoodiline kirjandus. Oma pedagoogilise kvalifikatsiooni tõstmiseks tuleb seitsmeklassilise kooli õpetajale soovitada uurida metoodilist kirjandust, mis on määratud füüsika nii esimesele kui ka teisele kontsentrile. Tõepoolest, füüsika algteadmiste kõrgekvaliteediliseks õpetamiseks on kindlasti vaja täpselt teada, milline on füüsika kursuse teise kontsentri eesmärk ja arendus. Selleks otstarbeks tuleb soovitada kui miinimumi tutvumist raamatutega:

П. А. Знаменский, Методика преподавания физики в средней школе, 1947.

И. И. Соколов, Методика физики, 1936.

Eriti tähtis on aga süstemaatiliselt lugeda ajakirja „Физика в школе", mis taotleb õpetaja metoodilise kvalifikatsiooni tõstmist ja on tribüüniks tegelike kogemuste vahetamiseks õpetajate vahel. Ajakirja bibliograafia rubriigis leiab õpetaja teateid ilmuvatest uutest raamatutest, mis väärivad tundmaõppimist. Õpetajal tuleks katsuda koguda kas või ajakirja üksiknumbreid möödunud aastatest, sest sealt ta leiab tingimata enda jaoks palju tähtsaid teatmeid. Peale selle tuleb tungivalt soovitada õpetajale lugeda süstemaatiliselt ajakirja „Советская педагогика", kust ta leiab palju huvitavat ning tähtsat endale kui pedagoogile üldse.

Kirjandust demonstratsioon-katsete ja laboratoorsete tööde alalt on näidatud II k., § 74, kus on eraldatud käsiraamatud, mis peavad leiduma ka õpetaja laual.

Suurimat tähelepanu väärivad neist:

Галанин, Горячкин, Жарков, Сахаров, Павша, Физический эксперимент в школе (I k. — «Kabineti sisustus"; II k. — „Tahke keha mehaanika"; III ja IV k. — „Elekter"; V k. — „Vahelduvvool ja raadiotehnika"; VI k. — „Akustika ja optika"). Учпедгиз, 1934—1941.

П. А. Знаменский, Лабораторные занятия по физике в средней школе, I ja II osa, 3. trükk, 1934, ja «Лабораторные занятия по физике», 1930. Käsiraamat õpetajatele ja pedinstituutide üliõpilastele.

KAHETEISTKÜMNES PEATÜKK.

FÜÜSIKA KLASSIVÄLISED TÖÖD.

§ 48. Klassiväliste tööde liigid ja tähtsus.

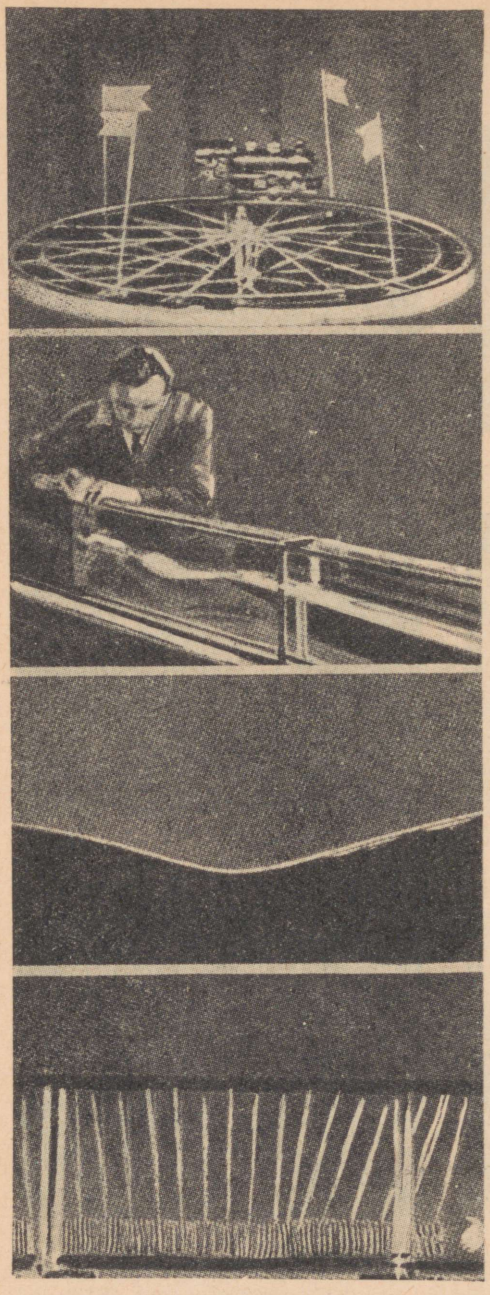
1. Klassiväliste tööde tähtsus. Füüsika õpetamise edukuse üheks tunnuseks on õpilaste huvi aine vastu. Mida suurem on see huvi, seda enam küsimusi kuuleb õpetaja, seda sagedamini hakkavad õpilased pöörduma tema poole konsultatsioonideks nii füüsika kui ka tehnika alal. Väga tähendusrikas on see tõsiasi, et õpilaste hulgas leidub alati rida isikuid, kes on sügavalt huvitatud füüsika ning tehnika küsimustest, seejuures mitte niipalju teooriast kui praktikast. Niisugused õpilased pühendavad teinekord suure osa oma kodusest ajast füüsika katsete tegemisele ja mitmesuguste tehniliste töötavate mudelite ehitamisele. Erilist huvi äratab õpilastes elektrotehnika, seda enam, et igapäevane elu vajab omal jõul tehtavat remonti elektervalgustuse sisseseades, elektrisoojendusriistades jms. Sageli on füüsikat harrastajate üheks tavalisemaks tööks ehitada esialgu lihtsaim detektor-, hiljem aga lampvastuvõtja, täiendades edaspidi tema konstruktsiooni. Seepärast kuulub väga suur hulk õpilaste küsimustest õpetajale elektrotehnika, muuseas raadiotehnika valdkonda.

Füüsika õpetamise ülesanne ei saa piirduda ainult nende teadmiste andmisega õpilastele, millede sisu ja ulatus on antud ametlikus füüsika õppeprogrammis.



Joon. 102. Üksikpilte filmist: „Newtoni esimene seadus".

Kõiki õpilaste järelepärimisi tuleb rahuldada jõukohasel määral. Kuna tundideks määratud aeg tuleb kasutada ainult oma otse-



Joon. 103. Üksikpilte ringfilmidest.

seks ülesandeks, siis nende järelepärimiste rahuldamiseks tuleb organiseerida täiendavaid tunde, mida sooritatakse väljaspool ametlikku töö aega ja mis kannavad klassivälise töö nimetust.

Õpetaja ülesandeks, kes oskab äratada õpilaste huvi füüsika vastu, on organiseerida klassiväliseid töid selliselt, et nad vastaksid rangelt kindlatele eesmärkidele, täiendades ning täiustades õpilaste õpetamist ja kasvatamist klassis.[1]

Füüsika klassivälise töö sellisteks eesmärkideks on:

1) täiendada ja süvendada teadmisi füüsikas;

2) arendada õpilaste algatusvõimet, iseseisvust, loomingulist ning konstrueerimisannet;

3) harjutada iseseisvalt töötama raamatuga;

4) õpetada mõningaid polütehnilist laadi oskusi;

5) ideelis-poliitiline (kommunistlik) kasvatus.

2. Klassivälise töö liigid. Vastavalt ülesseatud eesmärkidele, võivad klassivälise töö liigid olla järgmised:

1) õpetaja vestlused ja loengud;

2) täiendavad laboratoorsed tööd;

3) kinoetendused (joon. 102 ja 103);

[1] Igas metoodilises juhendis programmi teemadele on eraldatud eri jagu — klassivälised tööd.

4) õpilaste referaadid ja ettekanded (joon. 104, I—II);

5) huvitava füüsika õhtud (joon. 117);

6) seinaleht (joon. 118, I—III) ja

7) tundide jaoks demonstratsioonide, laboratoorsete tööde, näitlike õppevahendite jms. ettevalmistamine õpilaste poolt.

Neil töödel teostatakse kõige sagedamini selliste küsimuste tundmaõppimist või niisuguseid üritusi, mis on põhjustatud „täna-



Joon. 104-I. Õpilaste jooniseid referaatide kaantel.

päeva" huvidest. Töödele on iseloomulik nende vahetu seos ühe või teise füüsika küsimusega, mida õpitakse samal ajal klassis. Kõige sagedamini korraldatakse neid õpitava küsimuse arendamiseks ja teinekord sellele ettevalmistamiseks. Metoodilistes juhendites on antud konkreetseid ülesandeid niisuguste tööde ratsionaalse temaatika kohta.

Peale mainitud tööde, milledel on suuremalt osalt juhuslik laad, on suurim tähtsus süstemaatilistel klassivälistel töödel ringide töö kujul. Ei ole harulduseks, et mingi eespool nimetatud töö liik kasvab üle ringi tööks. Ringi töödele on iseloomulik selline temaatika, mida ei saa läbi töötada kokku tulles töötamiseks üks või kaks korda. Ka ei ole sellele temaatikale alati kohustuslik vahetu seos materjaliga, mida õpitakse samal momendil klassis. Lõpuks

on pedagoogiline protsess ringi töödel oma iseloomult mitmekesisem, vajades kord õpetaja vestlust ning demonstratsiooni, kord kirjanduse õppimist õpilaste poolt, kord katsete ettevalmistamist ning sooritamist, kord käsitöö tüüpi töid jms.

Klassiväliste tööde edukuseks ja peaasi — efektiivsuseks tuleb nende organiseerimisel juhinduda järgmistest põhimõtetest:

1) Õpilaste töö peab olema rajatud eranditult vabatahtlikkuse alusele, ilma mingisuguste sunniabinõudeta, mis teinekord on kohased klassis. See põhimõte ei kõrvalda aga õpetaja poolt vastavat selgitustööd õpilaste hulgas klassis, selleks et kaasa tõmmata klassivälistele töödele võimalikult suur hulk õpilasi.

2) Õpilasi tuleb jaotada eri liiki tööde järgi, vastavalt nende individuaalsetele soovidele ja kalduvustele. Ühed õpilased ilmutavad suurimat huvi „teooria" küsimustele (referaat, seinaleht), teised aga, vastupidi, on võimelised tegelikku laadi töödeks (katsed, tehniline modelleerimine, omavalmistatud katseriistad).

3) Õpetaja peab organiseerima tööd nii, et õpilastele oleks suurimal määral tagatud võimalused i s e s e i s v a k s tööks ja loominguliste võimete ilmutamiseks.

§ 49. Klassivälised tööd.

1. Õpetaja loengud. Õpetaja loengud ja vestlused organiseeritakse põhikursuse arendamiseks ja süvendamiseks nii füüsika kui peaasjalikult tehnika küsimuste alal. Mitmed tehnilised probleemid, mida puudutatakse kursuse läbivõtmisel, pakuvad õpilastele tunduvat huvi; aja puudus tundides aga ei võimalda käsitella neid küllalt põhjalikult. Selliste küsimuste hulka kuuluvad näiteks: tuukritööd ning põhjavajunud laevade ülestõstmine, jõe- ja merelaevastik, ujumine vee all, õhusõit, lennuasjandus, metallide töötlemine, vedel õhk, sisepõlemismootor ning selle kasutamine transpordis, aurumasinad ja -turbiinid, elektrienergia mitmesugune kasutamine (valgustamine, soojus, keemiatööstus, transport jms.), raadio-telegraaf ning -telefon, heli ülesvõtmine ning reprodutseerimine, kino jms.

Üks või kaks loengut mõnest võrdlemisi lihtsast küsimusest tuleb korraldada 6. klassi tööde a l g u s e s. Selliste loeng-vestluste otseseks ülesandeks on äratada õpilastes huvi füüsika vastu ja tõmmata neid ringi töösse. Loeng-vestluste teemad ei saa seepärast olla juhuslikud, vaid need tuleb valida selliselt, et neis vaadeldaks küsimusi, mis võiksid saada edasise tundmaõppimise aineks ringides.

Seega on neil loenguil teatav agitatsiooniline laad ja samal ajal nad nagu ütleksid õpilastele ette, millistes suundades nad võiksid rakendada oma jõude.

Kõikide loengute edukuse välditamatuks tingimuseks on k a t-

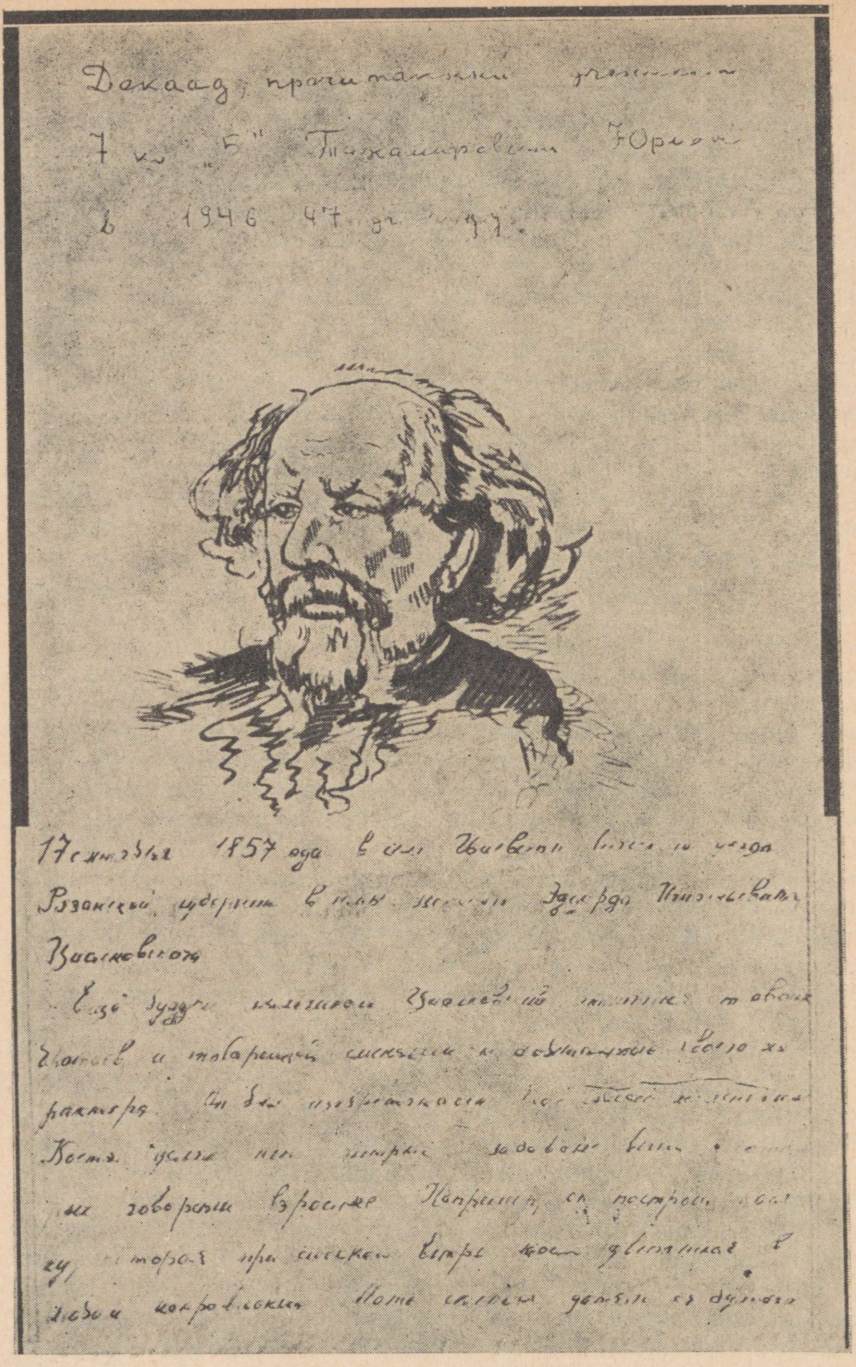
sete ja mitmesuguste näitlike õppevahendite (diapositiivid, pildid, diagrammid) demonstreerimine õpetaja poolt.

2. Kinoseansid. Temaatilisi õppefilme tuleb demonstreerida klassivälistel töödel, nagu seda selgitasime § 23, 1, sest niisuguste filmide kasutamine tunnis tervikuna, ilma tunduvate kärbeteta, ei ole võimalik (joon. 102). Selline loobumine temaatilistest filmidest on tingitud peamiselt nende metoodilistest iseärasustest, mis häirivad tunni normaalset käiku. Klassivälises töös aga ei ole sel kaalutlusel mingit tähtsust ja õpetajal on täielik võimalus kohandada oma seletused demonstreeritava filmi ülesehitamise metoodikale, näidates teda tervikuna. Kinofilmide demonstreerimine on eelkõige klassis läbivõetu omapäraseks kordamiseks. Peale selle, kuna enamik filme sisaldab materjale, mis ületavad seitsmeklassilise kooli õppeprogrammi piire, siis vastavate seletuste korral viivad demonstratsioonid õpilaste teadmiste süvendamisele ja laiendamisele. Selliste filmide hulka kuuluvad näiteks: „Законы движения", „Жидкий воздух", „На воде и под водой", „Паровоз", „Гром и молния".

Erilist tähelepanu väärib see asjaolu, et õpilaste juures võib märgata alati suurt kinohuvi ja kinoseansse külastatakse kogu klassiga. Õpetaja ülesanne seisab selles, et seda huvi kasutataks õpilaste teadmiste täiendamiseks ning seanss ei taanduks vaatemänguks. Seepärast peab õpetaja iga etenduse eel tegema suurt ettevalmistustööd. koostama plaani ja vajaduse korral vestluse konspekti, arvestades õpilaste teadmiste ning arengu taset. On tähtis, et kõik uued teadmised, mida õpilased saavad, oleksid jõukohased nende arusaamisele. Mõningatel juhtudel tuleb etendusse sisse võtta katsete näitamist kinofilmis demonstreeritavate faktide selgitamiseks.

Kasulik on demonstreerida ka mõningaid kunstilisi filme, milledes on materjale tehniliste küsimuste alalt. Selliste filmide hulka kuuluvad: „Подводная лодка Т-Д", „Балтийцы" (sõjalaevastik), „Сокровища погибщего корабля" (tuukritöö), „Истребители" (sõjalennuvägi) jt. Nende filmide demonstreerimisel juhib õpetaja õpilaste tähelepanu ühtedele või teistele objektidele. Eriti suur on aga nende filmide kasvatuslik tähtsus.

3. Õpilaste referaadid ja ettekanded. Õpetaja juhtimisel ettevalmistatud õpilaste referaadid ja ettekanded füüsika ja tehnika ühtede või teiste küsimuste kohta on eelkõige suure kasvatusliku mõjuga, rääkimata nende hariduslikust tähtsusest nii ettekandjale kui ka kuulajatele. Peale selle harjutab referaadi või aruande ettevalmistamine õpilast iseseisvale tööle raamatu järgi, soodustades samuti endaalgatuse arengut. Lõpuks, kui aruande või referaadiga kaasnevad katsete demonstreerimised, mida tuleb pidada väga soovitavaks, siis nende ettevalmistamine ja teostamine annab oskusi füüsika katseriistade kasutamises. Seepärast tuleb seda klassivälise töö liiki pidada üheks kõige väärtuslikumaks. Seda töö liiki saab kasutada seitsmeklassilises koolis ainult piiratud



Joon. 104-II. Lehekülg õpilase referaadist teemale: „Tsiolkovski".

ulatuses, nii õpilaste vanuslike erisuste kui ka mitteküllaldase ettevalmistuse tõttu. Seepärast tuleb seda kasutada peamiselt 7. klassis ja seejuures kaugeltki mitte kõikide õpilastega. Ettekannete teemad antakse õpetaja poolt klassis õpitava materjali täiendavaks läbitöötamiseks. Pärast seda, kui leidub soovijaid referaatide ettevalmistamiseks, varustab õpetaja neid populaarset laadi kirjandusega teema esialgseks tundmaõppimiseks. See kirjandus peab peale jõukohasuse olema huvitav, selleks et tõsta huvi referaadis käsiteldava küsimuse vastu. Edasi vestleb õpetaja referendiga ja koostab koos temaga ettekande plaani, samuti ka loetelu neist katsete ning näitlike õppevahendite demonstratsioonidest, mida läheb vaja õpilase esinemisel. Lõpuks vaatab õpetaja läbi ettekande konspekti ja õpilase poolt ettevalmistatud katsed. Kui esinemine võtab referaadi kuju, siis tuleb õpetajal käsikirja korrigeerida. Kirjalik referaat on seitsmeklassilise kooli õpilastele, kes ei ole harjunud oma mõtete kirjaliku esitamisega, väga rohket tööd nõudvaks ülesandeks, mille tõttu tuleb eelistada suulist esitust. Joonistel 104 — I ja II on toodud õpilaste referaatide kujundamise näidiseid.

Jõukohasuse tagamiseks tuleb ettekande teema valida võrdlemisi lihtne ning oma ulatuselt väheldane. Võimalikult suure õpilaste arvu kaasatõmbamiseks on soovitav korraldada mitu lühikest ettekannet ühise teemaga ja organiseerida selleks füüsika eriõhtu.

Kõige tänuväärsemateks ettekannete teemadeks on küsimused füüsika ja tehnika ajaloost, sealhulgas ka teadlaste elulood (§ 9, 3). Selliste ettekannete puhul tuleb sooritada katseid ning kasutada laialdaselt õpilaste endi poolt valmistatud jooniseid, samuti ka diapositiive.

Näitena esitame M. F a r a d a y mälestamiseks pühendatud õhtu kava ja selle sisustuse loetelu.

Õpilaste ettekannete teemad:

1) Teadlase elulugu.
2) F a r a d a y avastused füüsikas ja nende tähtsus.
3) F a r a d a y kui keemik.

Näitlikud õppevahendid: 1) F a r a d a y portree; 2) joonised, diapositiivid või episkoobiline projektsioon: F a r a d a y oma elu mitmesugustel aegadel, F a r a d a y laboratoorium, pilte F a r a d a y elust, koopia F a r a d a y joonistest.

Katsed: F a r a d a y elektrostaatiline võrk, elektrolüüsi nähtus kvantitatiivsest küljest (Hofmanni riist), elektromagnetiline induktsioon.

Peale ajalooliste teemade võib kasutada õpilaste ettekanneteks tehnika ja füüsika küsimusi. Nii näiteks on põhikursuse laiendamiseks ning süvendamiseks kasulik sooritada õpilaste jõuga demonstratsioone, mis oleksid täienduseks töödele klassis. Selliste demonstratsioonide baasiks võib võtta klassis näidatud katsete variante. Katsete variantide kirjeldusi on toodud II köites, kuid neid võib leida ka raamatutest: F. E. II—VI k.

Selliste katsetega peavad kaasnema vastavad seletused või lühikesed ettekanded õpilaste poolt.

4. Täiendavad laboratoorsed tööd. Aja puudusel tundides tuleb piirduda laboratoorsete tööde teatava miinimumiga. Kuna õpilaste hulgas leidub alati isikuid, kes on huvitatud sellest tööde liigist, siis tuleb nendele perioodiliselt organiseerida täiendavaid laboratoorseid töid.

Selliste tööde hulka, peale arvukate variantide klassis sooritatute juurde, kuuluvad ka mõned tööd, millede temaatikat pole antud ametlikus õppeprogrammis.

Nii näiteks on kasulik korraldada järgmisi laboratoorseid töid: hüdrostaatiline kaalumine, sulamis- ja keemissoojus, mitmesuguste mehhanismide kasutegur, elektervalgustuse põhiskeemide kokkuseadmine, vase elektrokeemiline ekvivalent, valguse murdumine (nööpnõelte abil kiirte käigu tähistamise meetod) jms.

Kui laboratoorsete tööde korraldamisel klassis õpetaja põrkab kokku suurte raskustega, mis on põhjustatud õpilaste arvust (kuni 40 inimest klassis) ja aparatuuri puudumisest, siis klassivälistel töödel need raskused langevad ära. Tõepoolest, nagu näitavad kogemused, võtab töödest osa mitte üle 50% õpilastest. Peale selle ei ole vajadust korraldada töid ühisel rindel, sest neid on täiesti võimalik sooritada hajutatult, s. o. eri rühmadele korraldada erinevad tööd, mis vähendab kulusid aparatuuri muretsemiseks.

Laboratoorseid töid sooritavatele õpilastele tuleb esitada samad nõuded, mis töödele klassiski. Eriti tuleb nõuda tööde kohta kirjalike aruannete koostamist.

Nii variantide kui ka täiendavate laboratoorsete tööde temaatika ja kirjandus on toodud II k.

Käesoleval ajal on kaasaegses koolis ikka sagedamini ja sagedamini hakatud kasutama õpilaste koduseid laboratoorseid töid ning katseid. Need katsed sooritatakse õpilaste poolt kodus õpetaja ülesandel kas koduste tarbeesemete või koju laenutatud lihtsamate riistade abil (joon. 119).

5. Demonstratsioonide ja laboratoorsete tööde ettevalmistamine. Demonstratsioonide ja klassissooritatavate laboratoorsete tööde ettevalmistamiseks võib kasutada ainult teatavaid õpilasi, kes on end näidanud eriliselt füüsikat harrastajatena ja kel on mõningaid laboratoorset ja käsitöö laadi oskusi. Sellised õpilased moodustavad „laborantide" eri rühma, kes töötades huvist sellise töö vastu, osutavad õpetajale tunduvat abi, võimaldades talle pühendada rohkem aega pedagoogilise töö teiste külgede täiustamisele. Laborantide kasutamisel ei tule lubada nende töötamist „pimesi", s. o. ilma esialgse tutvustamiseta õpiku järgi küsimusega, mille kohta korraldatakse katsed. Õpetaja on kohustatud mitte piirduma üldise juhtimisega, vaid ka järk-järgult õpetama laborantidele mõningaid laboratoorse tehnika ja käsitöö oskusi. Samuti tuleb väsimatult jälgida, et töö füüsikakabinetis ei mõjutaks õpilaste üldist edukust.

Demonstreerimised tundides peab sooritama õpetaja ise, sest laborandi esinemine häiriks seletuste normaalset käiku.

6. Huvitava füüsika õhtute tähtsus ja sisu. Huvitava füüsika õhtuid organiseeritakse selle eesmärgiga, et äratada või tõsta huvi füüsika vastu ja kasutades seda huvi laiendada ja täiendada õpilaste teadmisi (joon. 117). Selliseid õhtuid on ratsionaalne organiseerida üheaegselt mitme ühesuguse klassi, s. o. kuuendate ja seitsmendate klasside jaoks.



Joon. 105. Huvitava füüsika õhtul esitatud demonstratsioon: „Lendav vatitopp".

Harilikest füüsika õhtutest, mis koosnevad õpilaste ettekannetest ja demonstratsioonidest, erinevad huvitava füüsika õhtud selle poolest, et nende kogu sisule antakse huvitav laad.

Huvitavuse üheks tunnuseks on imestuse tunne, mis tekib tutvumisel katsega, ülesandega, pildiga jms. Imestus aga tekitatakse omakorda küsimuse või katse täiesti ebatavalise (paradoksaalse) seadega, või protsessi arendamise või ka saadava tulemuse täieliku ootamatusega (joon. 105 ja 106, I—V).

Huvitava füüsika õhtul võib kasutada järgmisi töö vorme:

1) katkendite lugemist kirjanduslikest teostest huvitava füüsika alalt, milleks võib kasutada J. Perelmani (§ 49, 8) ja teiste autorite raamatuid;

2) huvitavaid katseid;

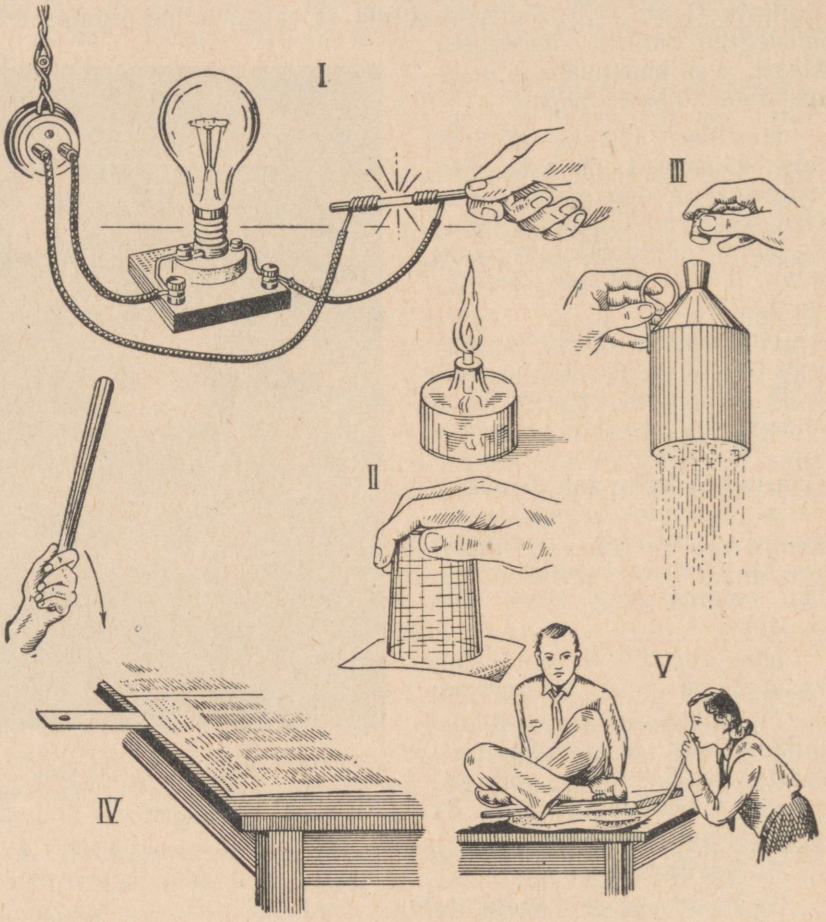
3) füüsika-alaseid mänguasju;

4) huvitavat laadi pilte ja diapositiive;

5) huvitavate ülesannete lahendamist (§ 36).

Huvitava füüsika õhtu kava koostamisel tuleb valida katseid ja teisi töö liike selliselt, et nad oleksid koondatud kindlate teemade järgi. Sellisteks teemadeks, vastavuses põhikursuse läbivõtmisega, on lihtsamatel juhtudel vedelikud ja gaasid, mehaanika, soojus jms. Üksikuid katseid ja vastavaid seletusi neile tuleb anda suuremalt osalt õpetajal endal, kasutades laialdaselt nalja, huumorit ja küsimuse paradoksaalset seadet. Õpilaste siirad naerupuhangud, millega nad reageerivad mitte ainult naljale, vaid väljendavad ka oma imes-

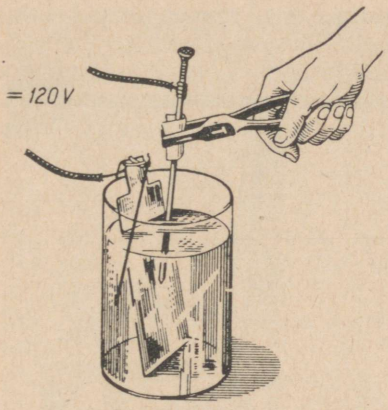
tust neid hämmastanud tõsiasja üle, on üheks õhtu edu näitajaks. Füüsika õpetaja ülesandeks on huvitava füüsika õhtu selline organiseerimine, et huvitavuse jahil ei oleks unustatud füüsikaline külg ja et see oleks esile toodud küllalt selgelt ja teravalt.



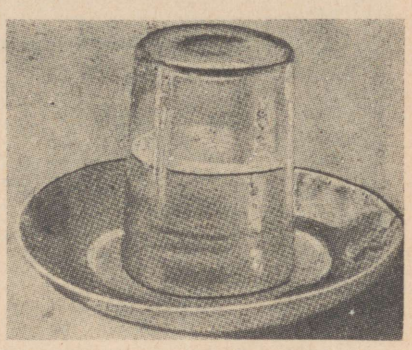
Joon. 106. Mõned paradoksaalsed katsed huvitavaks füüsika õhtuks: I — Punase hõõgumiseni kuumutatud klaaspulk muutub heaks elektri juhiks, mille tõttu temaga järjestikku lülitud elektrilamp põleb. II — Õhurõhk ei lase vett välja voolata kummulipööratud ja paberiga kaetud veeklaasist. III — Korgi äravõtmisel vesi voolab välja põhja väikestest augukestest. IV — Hoobist joonlaua otsale see murdub, kui lauale asetatud joonlaud on osaliselt kaetud ajalehega. V — Puhudes suuga kummipalli täis, võib üles tõsta inimest.

Huvitava füüsika õhtute organiseerimine nõuab pikaajalist ja hästi läbimõeldud ettevalmistust, mille tõttu neid ei tule korraldada sagedasti.

7. Huvitavad katsed, mänguasjad ja pildid. 1) Paradoksid. Huvitavus, nagu juba selgitasime, sõltub peamiselt vaadeldava füüsikalise nähtuse ebatavalisusest või tulemuse ootamatusest, mis põhjustavad imestustunde tekkimist. Nähtuse ebatavalisust või tulemuse ootamatust aga saavad õpilased teadlikult tunnetada ainult siis, kui täheldatavad protsessid on vastuolus õpilaste teadmiste loogikaga. Seega on ebatavalisuse ja ootamatuse tajumise vajalikuks tingimuseks mõningate kindlate teadmiste tagavara. Nii näiteks kui õpilastel on teada, et klaas on mittejuht, siis klaasi ioonjuhtivuse demonst-



Joon. 107. Raudnaela asetamisel leelise lahusesse kuumeneb see elektri alalisvoolust (60—120 V) kuni punase hõõgumiseni.



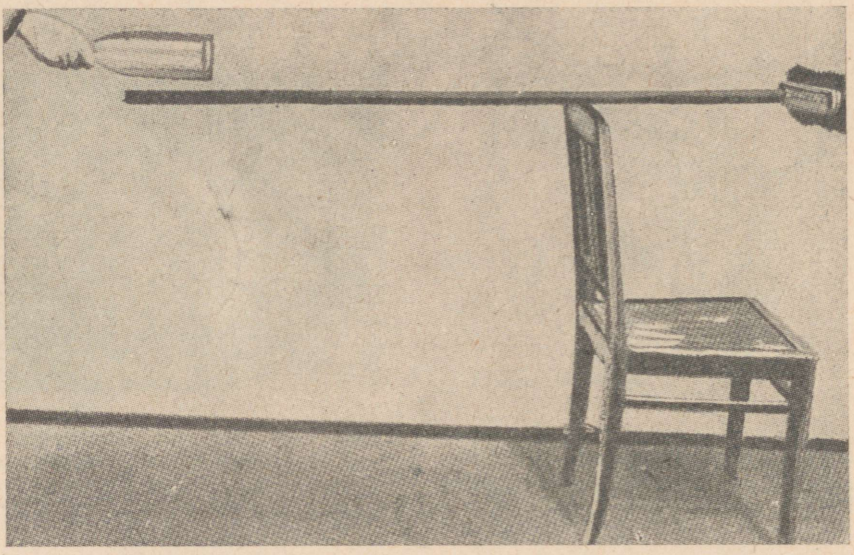
Joon. 108. Õhu kokkutõmbumine ja auru kondenseerumine veeklaasi sees põhjustab kuuma vee jahtumisel tema tõusu alustassist veeklaasi sisse.

reerimine (joon. 106-I) üllatab õpilasi. Teadmiste puudumisel isolaatoritest aga see katse ei saa tekitada sügavat muljet. Täpselt samuti on vahelduvvoolu mõningad omadused (induktiivne ja oomiline takistus, pöörlev magnetväli jt.) hinnatavad kui „ootamatud" ning „ebatavalised" ainult sel juhul, kui õpilased tunnevad hästi elektri alalisvoolu omadusi.

Õeldust järeldub, et mõningaid harilikest füüsika katsetest nähtustega, mis on vastuolus õpilaste teadmistega, võib hea eduga näidata huvitava füüsika õhtutel. Selliste katsete hulk on väga suur. Nende hulka võib näiteks arvata: hüdrostaatilist paradoksi, mõningaid katseid molekulaarnähtustest (vesi sõelas, seebikelmed, katsed pindpinevusega, nõela ujumine vee peal jms.), vesi kummulipööratud klaasis (joon. 106-II), „karistatud uudishimu" (joon. 106-III), „raske ajaleht" (joon. 106-IV), inimese tõstmine „puhumisega" (joon. 106-V), sepa vesiääs (joon. 107) (vt. F. E., III k., § **28**, 6), omainduktsioon vahelduvvooluringis (lambi kustumine suure keerdude arvuga pooli raudsüdamiku sissetoomisel) (vt. F. E., V k., § **15**, 8) jms.

Selliste katsete valikul tuleb silmas pidada, et demonstreeritavate füüsikaliste nähtuste seletused oleksid õpilastele jõukohased ja et demonstreerimine ei muutuks ainult huvitavaks vaatemänguks.

Peale paradoksaalsete nähtuste on huvitavad ka mõned füüsikakatsed: klaasi katkimuljumine (vt. II k., joon. 222) või plekkkarbi sissemuljumine õhu rõhu abil; seebimullide ujumine süsihappe gaasi pinnal; vesinikuga täidetud seebimullide lendamine (vt. II k., joon. 188); elektriseeritud vatitopi lendamine (joon. 105); inimese elektriseerimine (vt. II k., joon. 305); saturnuse puu (vt. II k., joon. 144);



Joon. 109. Elektrijõu näitamine elektriseeritud pudeli ja põrandaharja abil.

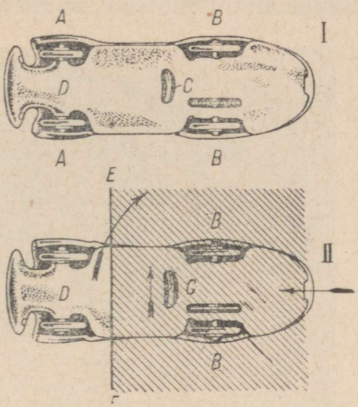
Kundt'i katse (seisvad lained) (vt. F. E., II k., joon. 555); kaamera obskuura (vt. F. E., IV k., joon. 225); tõelised kujutised nõguspeeglis (vt. F. E., VI k., joon. 275); värvuste segamine (vt. F. E., VI k., joon. 521) ja paljud teised.

2) Katsed koduste tarbeesemetega. Katseid võib muuta huvitavaks ka kasutades füüsikaliste nähtuste esiletoomiseks riistu, milledel on hoopis teistsugune otstarve. Nii võivad tarbeesemed, nagu lusikas, alustass (joon. 108), nuga, kahvel, põrandahari, tool (joon. 109), kartul, muna (joon. 14 ja II k. joon. 5), sõrmkübar, nõel jms. mõningate, õieti küll väheste füüsikaliste nähtuste demonstreerimistel eduga asendada selleks harilikult kasutatavaid riistu. Rikkalikku materjali tarbeesemete kasutamise kohta demonstreerimiseks võib leida Tom Tit'i[1] klassikalistes raamatutes teaduslik-

[1] Prantsuse inseneri Arthur Good'i varjunimi.

kudest meelelahutustest. Sellised katsed, nagu näitab praktika, avaldavad õpilastele tugevat muljet ja neid korratakse harilikult nende poolt kodus.

3) Tehnilised mudelid. Mõningate masinate, näiteks vesiturbiini (joon. 26), aurumasinate ja auruturbiini (joon. 20), sisepõlemismootori, mis paneb käima propelleri (joon. 22), elektrijaama, elektriveduri, tanki jms. töötavate mudelite demonstreerimine tekitab suurt huvi õpilastes ja on seepärast soovitav kasutamiseks huvitava füüsika õhtutel. Neist mõne mudeli kirjeldus on antud II k., § **14.**



Joon. 110. „Kuristikku mittekukkuva" auto ehitus (joon. 23). Auto toetub väljaulatuvale osale *D*, mitte aga „võltsidele" esiratastele *A* ja saab kulgeva liikumise tagaratastelt *B*. Auto esiosas *D*, jõudes laua äärele *EF*, paneb auto toetuma pöörlevale rattakesele *C*, mille tõttu auto pöördub laua äärest ära.

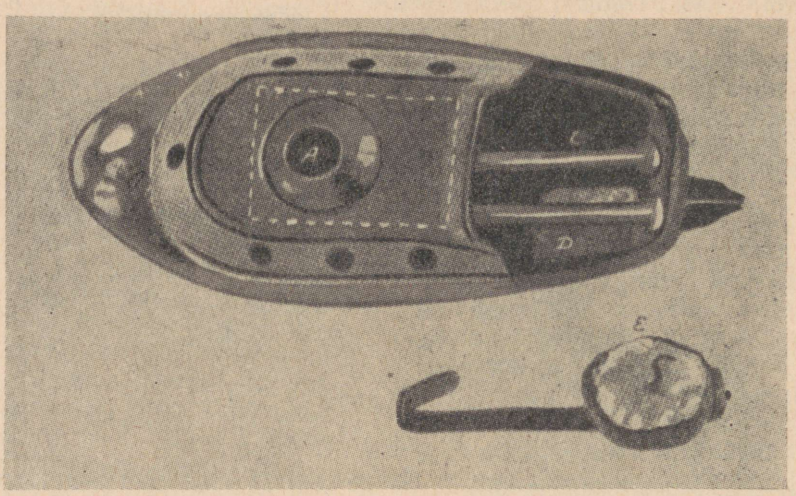
4) Füüsika-alased mänguasjad. Mõned kaasaegsetest mänguasjadest, milledes kasutatakse füüsikalisi nähtusi, annavad tänuväärset materjali nende ehituse demonstreerimiseks ning seletamiseks. Selliste mänguasjade hulka kuuluvad näiteks: auto, mis jõudes laua äärele ei kuku maha, vaid pöördub äärest kõrvale (joon. 23 ja 110), paadike reaktiivmootoriga (joon. 111), papagoi (joon. 112-II), kukerpallitav klaun (joon. 112-III), vurr, stroboskoop, „mereelanik" (joon. 112-IV) jt. Samuti on võimalik ära kasutada igasuguseid omavalmistatud mänguasju (joon. 112, I ja V), sealhulgas lennuki mudeleid jms. (joon. 113).

5) Huvitavad olukorrad. Olukorrad, kus inimene pole võimeline tegema mõningaid liigutusi: tõusta toolilt, tõsta asi põrandalt raskuspunkti teatava asendi korral — on demonstreeritavad huvitava füüsika õhtul (joon. 114, I ja II). Huvitavad ja õpetlikud on samuti ajaviitemängud, näit. „jõudude liitmine" (joon. 115) jt.

6) Meelepetted. Huvitavad ja samal ajal ka tähtsad on meeltepetete demonstreerimised. Need katsed võimaldavad näidata õpilastele inimese meelte ebatäiuslikkust, selleks et sisendada neile teatavat kriitilist suhtumist subjektiivsetesse hinnangutesse. Katsete hulka meeltepetetega kuuluvad: sõrmedega kahe kuulikese aistimine tõelise ühe asemel (joon. 116-I), temperatuuriaistingute suhtelisus

(joon. 116-II), mitmesugused aistingud torgetes [1] (joon. 116-III), optilised ja akustilised petted (joon. 116-IV) [2] jt.

7) Huvitava sisuga pildid. Suurt huvi äratab mitut liiki piltide demonstreerimine, mis sisaldavad füüsikalist laadi peadmurdvaid mõistatusi, piltmõistatusi, lapsusi (keelekõmistusi) jms. Mõned neist on antud § 36 huvitavate ülesannete osas (joon. 94—97). Küllalt materjali nendes küsimustes võib leida ajakirjas „Техника молодежи". Õpilased ise võivad valmistada pilte, mida kopeeritakse



Joon. 111. Paadike aurureaktiivmootoriga. Ristkülikukujulist katelt *A* soojendatakse küünlajupi abil. Aur väljub torukese *C* või *D* kaudu ahtri taha vette. Teine toruke on vee juhtimiseks katlasse. Katla kütmiseks kasutatakse steariinküünalt *E*.

originaalist. Mõningaid pilte on ratsionaalne joonistada tušiga klaasile ja projitseerida neid ekraanile.

Huvitava füüsika õhtu kuulutus peab olema vastavalt kujundatud (joon. 117).

8. Kirjandus huvitava füüsika õhtute jaoks.

I. J. I. Perelman, Huvitav füüsika I ja II, 1948. a. ja 1949. a.
Huvitav mehaanika, 1950. a.
Физика на каждом шагу.
Для юных физиков, 1929.
Знаете ли вы физику, 1934.
Газетный лист jt.

[1] Aistingu läve ulatus:

Käeselg	31,6 *mm*	Sõrmeotsad	2 *mm*
Küünarvars	46,6 *mm*	Ninaots	6,8 *mm*
Selja keskosa	67,7 *mm*	Põsed	11,3 *mm*

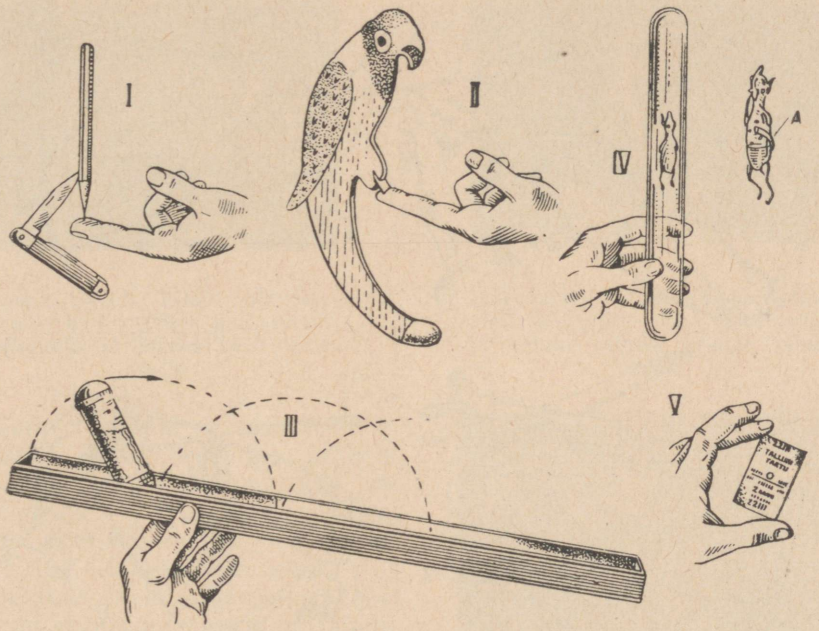
Vt. «Физиология человека», ред. Бабский, Учпедгиз, М., 1938.

[2] Vt. F. E., VI k., § 39, 5.

Kõik need raamatud sisaldavad rikkalikku materjali huvitava füüsika alalt, mida võib eduga kasutada huvitava füüsika õhtutel, nii lugemiseks kui ka esiletoomiseks katsetena.

II. H. Hahn, Physikalische Freihandversuche, B. I, II ja III, Berlin 1916.

Raamat sisaldab mõne tuhande füüsika katse kirjeldusi, mis vajavad teostamiseks kõige lihtsamaid vahendeid, ja samuti „meelelahutusi" füüsikast. Autor on kogunud materjali väga kohusetundlikult, kasutades igakeelseid allikaid.



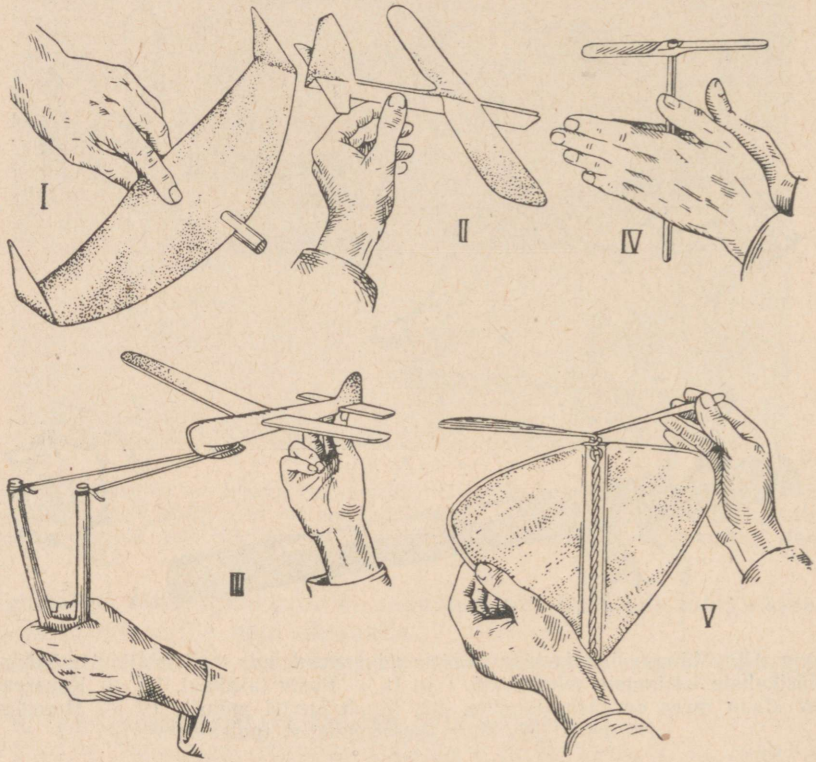
Joon. 112. Mänguasjad ja omavalmistatud esemed, mis on kasulikud mõningate füüsikaliste küsimuste seletamisel. I ja II — Püsiv tasakaal. III — Kukerpallitav klaun (sees on raske kuulike, mis liigub inertsi mõjul). IV — Mereelanik (vt. joon. 13). V — Raudteepiletist tuulemootor.

Raamat ilmus venekeelses tõlkes „Физик-любитель" kirjastuse väljaandes pealkirjaga: Герман Ган, Физические опыты на самодельных приборах.

III. Tom Tit (Arthur Good), La science amusante. Ser. I, II, III, Paris, Larousse.

Suurepärane raamat teaduslike ajaviidete alalt. Kirjeldustele on antud huvitav laad. Raamat sisaldab väga rikkalikku materjali huvitava füüsika õhtuteks. Tom Tit'i raamat on ilmunud mitu korda venekeelses tõlkes mitmesuguste pealkirjadega. Pärast Oktoobrirevolutsiooni on teda välja antud Детгиз'i poolt.

IV. Александр Цингер, Занимательная ботаника, 1934.
V. В. И. Лебедев, Занимательная техника в прошлом, 1930.
VI. В. В. Рюмин, Занимательная техника наших дней, 1930.
VII. В. В. Рюмин, Занимательная электротехника, 1926.
VIII. В. В. Рюмин, Занимательная электротехника на дому, 1927.
IX. Д. О. Святский и Т. Н. Кладо, Занимательная метеорология, 1935.



Joon. 113. I — Lihtsaim mudellennuk — parabool. II — Paberist valmistatud mudellennuk. III — Mudellennuki (puust) üleslennutamine katapuldi abil. IV — Lihtsaim helikopter. V — Liblik-helikopter.

X. К. Е. Вейгелин, Занимательная авиация, 1928.
XI. Донат, Б., Физика в играх, Детгиз, М-Л. 1931.
XII. В. А. Зибер, Живые задачи по физике, вып. I и II, изд. «Образование», Л. 1925.

9. Seinaleht. Füüsika seinaleht on üheks füüsika klassivälise töö omapärastest liikidest (joon. 118, I—III). Seinaleht riputatakse klassi või jalutusruumi seinale ja vastava välise kujundamisega



Joon. 114-I. Täbar olukord: tõusta toolilt jalgu paigalt nihutamata ja hoides käed keha juures.



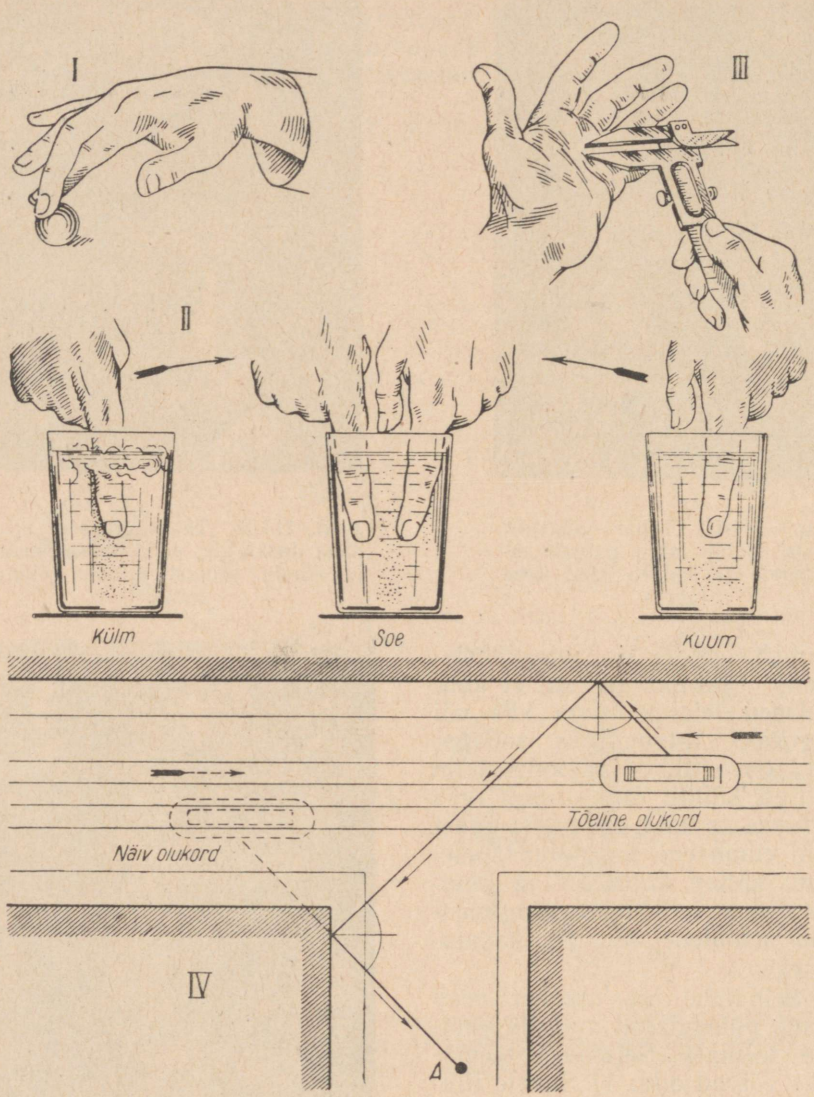
Joon. 114-II. Täbar olukord: ülestõsta taskurätt, põlvi kõverdamata ja kandu seinast eemale nihutamata.

tõmbab endale õpilaste tähelepanu. Praktika näitab, et kõik õpilased leiavad aega kas või põgusaks tutvumiseks sellega; kui aga artiklid ja joonised on valitud küllalt õnnestunult, siis loetakse ta läbi esimesest reast kuni viimaseni. Seega on tähelepanu köitev kujundus ja huvitav sisu vajalikkudeks tingimusteks seinalehe edukaks kasutamiseks.

Seinalehe iga number peab olema pühendatud mingile kindlale teemale. Sellisteks teemadeks võivad olla: 1) Suurte füüsikute elulood ja nende tööde kirjeldused (Lomonossov, Galilei, Newton, Guericke ja Pascal, Watt ja Stephenson, Franklin, Faraday, Žukovski, Lents, Jakobi, Lodõgin,



Joon. 115. Jõudude liitmine — inimese ülestõstmine väljasirutatud sõrmedel.



Joon. 116. Mõned katsed, mis näitavad meie meelte petlikkust teatavatel tingimustel: I — Aristotelese katse: sõrmed kombivad kahte kuulikest ühe asemel. II — Sõrmede üleviimisel kuumast ja külmast veest toatemperatuuriga vette tekib üheaegselt ühes sõrmes soojuse- ja teises külmatunne. III — Kaugused teravikkude vahel, mis tekitavad ühe torke tunde kahe asemel, ei ole ühesugused inimese keha mitmesugustel osadel. IV — Vaatlejal tekib asetsedes punktis *A* kujutlus, et tramm liigub tänavat mööda vasakult paremale.

Jablotškov, Popov jt.). Erilist tähelepanu väärivad vene teadlased ja leidurid.

2) Ajaloolised küsimused (§ 9, 3).

3) Mitmesugused küsimused füüsikast, näiteks atmosfäär ja selle ehitus, kõrged ning madalad temperatuurid jt. (vt. metoodilisi juhendeid jaos: Klassivälised tööd).



Joon. 117. Huvitava füüsika õhtu kuulutus (Moskva 146. kool, õpetaja N. P. Rjazanov).

4) Tehnika küsimused. Fotomontaaže, mis on kirjeldatud § 19, 3, varustatuna selgitava tekstiga, võib vaadelda kui ühtesid seinalehe liikidest.

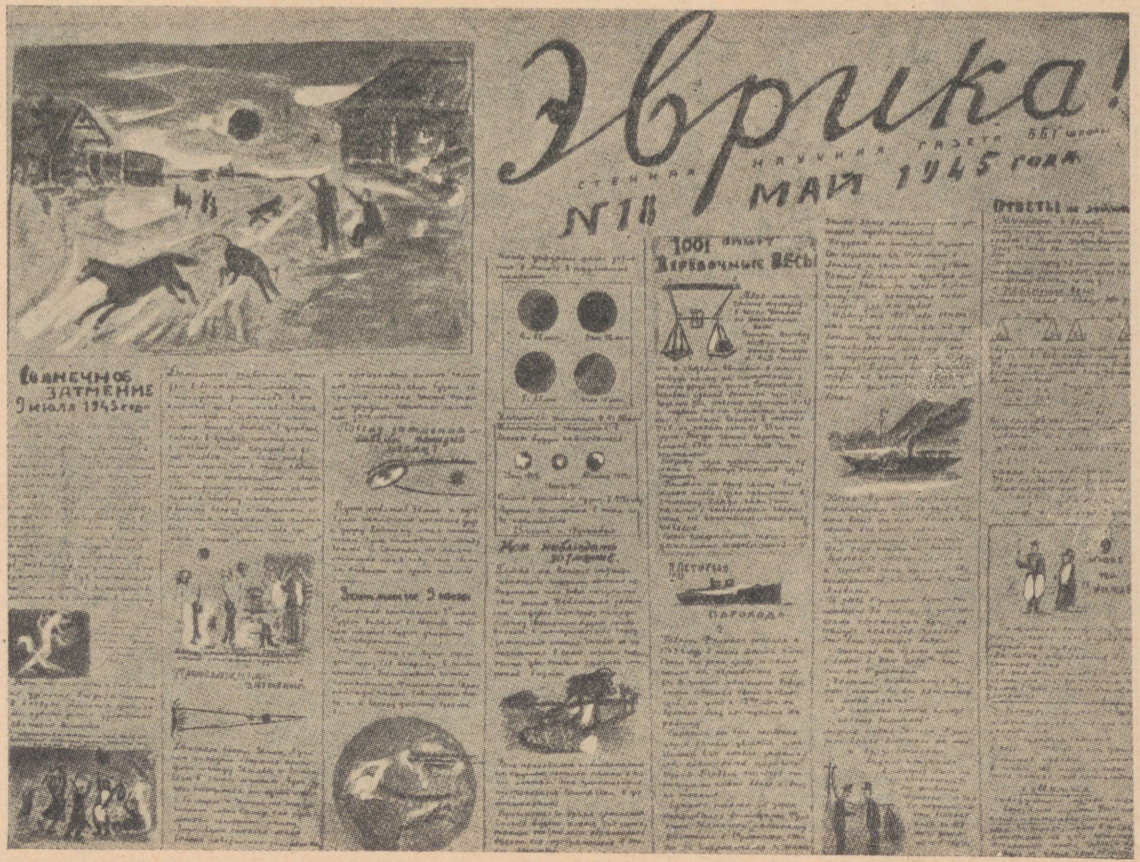
5) Huvitav füüsika (katsete ning vaatluste kirjeldamine, küsimused jms.) (§§ 36 ja 49, 7).

Esimese seinalehe teema võib valida õpetaja. Selle järel uurivad õpilased vastavaid materjale kirjandusest, mida õpetaja on soovitanud, koostavad esialgu plaani ja siis lühiartiklid. Joonised on samuti soovitav valmistada õpilastel. Edaspidi moodustatakse harilikult toimetuse kolleegium, kes visandab temaatika, tõmbab ligi kirjasaatjaid ja kunstnikke ning toimetab materjale õpetaja juhtimisel.

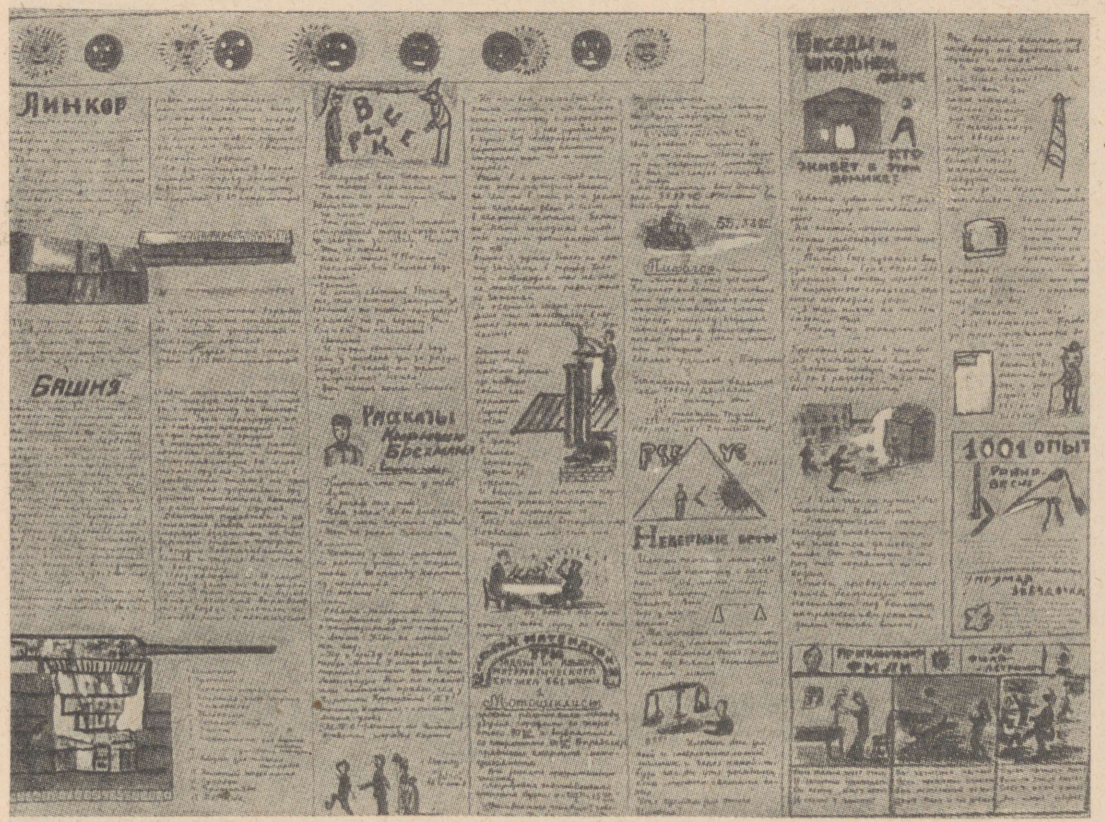
Joonisel 118-I on näidatud seinaleht, mis sisaldab väljavõtteid õpilaste aruannetest nende poolt kodusteks töödeks loodud riistade kohta (joon. 119).



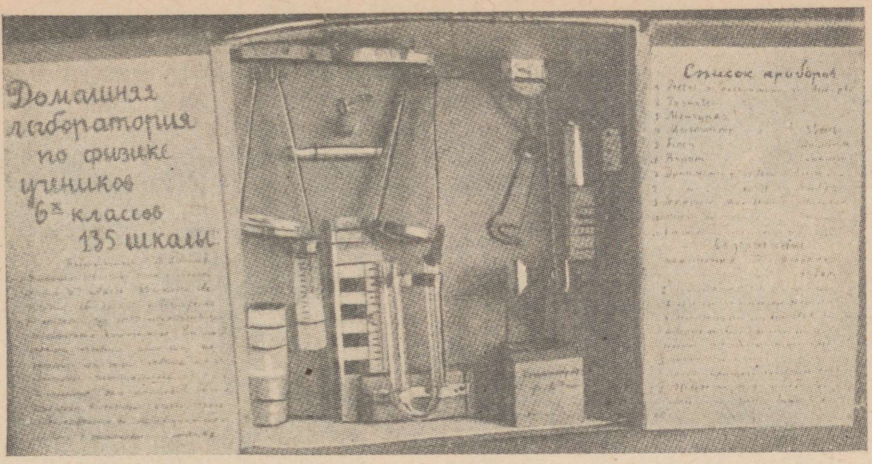
Joon. 118-I. Seinaleht „Meie laboratooriumid", mis propag eerib laboratoorsete tööde organiseerimist. Seinalehte on paigutatud aasta-aruannetest võetud õpilaste otsused ja arvamused nende poolt tehtud tööde ja valmistatud riistade kohta (vt. joon. 119) (Moskva 135. kool; õpetaja A. V. Beinart).



Joon. 118-II. Moskva 661. kooli seinaleht „Heureka", mis ilmub süstemaatiliselt füüsika õpetaja Paškovi juhtimisel. Seinalehe vasakul poolel on peamiselt artiklid päikesevarjutusest 3. juulil 1945. a. ja juhendid selle vaatlemiseks.



Joon. 118-III. Seinalehe „Heureka" parem pool sisaldab peale artiklite soomuslaeva ning soomustorni kohta huvitava füüsika küsimusi, sealhulgas ülesandeid ning katsete kirjeldusi, samuti ka humoorikaid lühiartikleid.



Joon. 119. Õpilaste poolt valmistatud koduste laboratoorsete tööde riistade komplekt (vt. joon. 118-II).

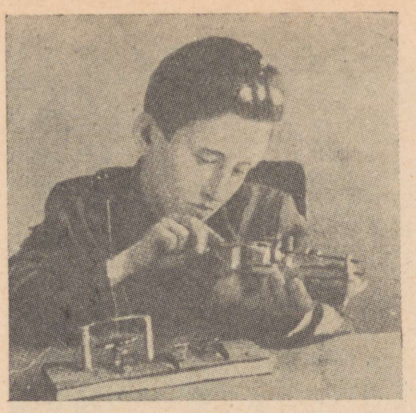
§ 50. Ringid.

1. Ringide liigid. Õnnestunud korraldamisel võtavad klassivälised tööd harilikult süstemaatilise laadi, muutudes ringideks. Nii näiteks esimese füüsika-alase seinalehe edu puhul moodustavad õpilased alalise toimetuse kolleegiumi; õnnestunud füüsika õhtu organiseerimine viib järgmise õhtu ettevalmistamisele jms. Nii võivad loomulikult tekkida seinalehe väljaandmise, huvitava füüsika, füüsika ajaloo jms. ringid. Sellistesse ringidesse koonduvad õpilased, kellel on kalduvust töötamiseks raamatuga ja kel on vähem huvi tegeliku laadi tööde vastu.

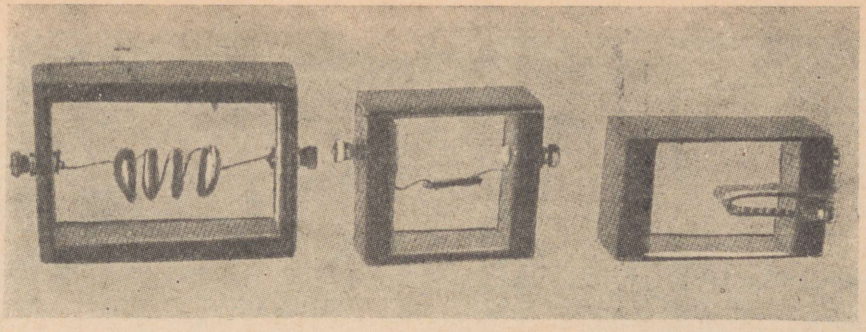
Õpilaste jaoks, kes on huvitatud mitmesuguste mudelite ning riistade ehitamisest ja ka katsete sooritamisest, organiseeritakse niisugused ringid, kus need töö liigid domineerivad. Niisuguste õpilaste arv klassis on kaunis suur, eriti poistekoolis (joon. 120, I—V).

Praktilist laadi ringide hulka kuuluvad näiteks järgmised: füüsika katsete korraldamise ring (klassis sooritatud katsete kordamine ning dubleerimine, laboratoorsed tööd), tehnilise modelleerimise, õhusõidu, lennunduse, elektrotehnika, raadiotehnika, optika jms. ringid. Esitatud ringide nomenklatuur ei ole juhuslik, vaid põhjeneb koolide kogemustel. Kui selliseid ringe koolis ei ole, siis selles on süüdi ennemini õpetaja kui õpilaste vastavate soovide puudumine.

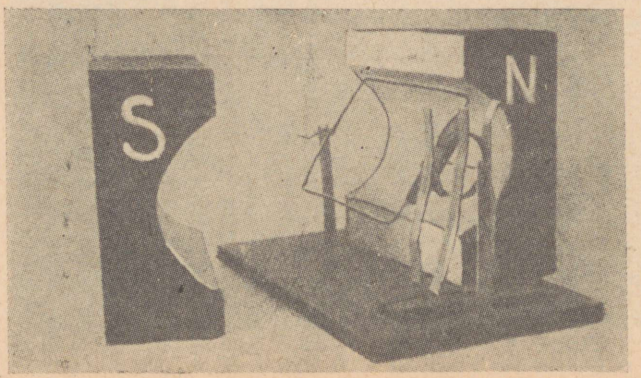
Metoodiliselt kõige väärtuslikumad on ringid, millede teema on vahetult seotud käesoleval momendil klassis õpitava materjaliga, laiendades ning süvendades seda. Õige töö vorm ringides võimaldab mitte ainult laiendada ja täiustada füüsika-alaseid teadmisi, vaid saavutada ka õpilaste isiksuse harmoonilisemat arenemist, kui see on võimalik üksi tööga klassis.



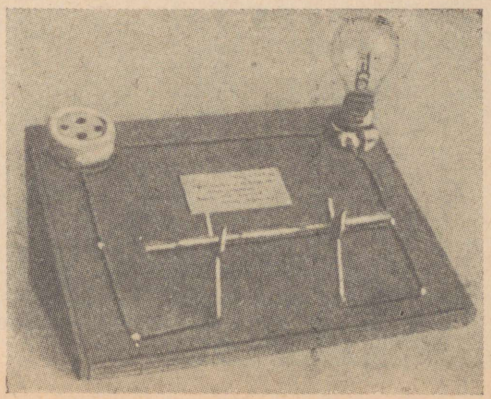
Joon. 120-I. Õpilase tüüpiline töö elektrotehnikaringis — elektrimootori mudel.



Joon. 120-II. Tüüpilised füüsikaringis valmistatud mudelid. Magnetspektrite projitseerimiseks vajalikud klaasid mähistega.



Joon. 120-III. Omavalmistatud poolused ja kontuur elektrimootori töötamise tundmaõppimiseks (vt. joon. 230).

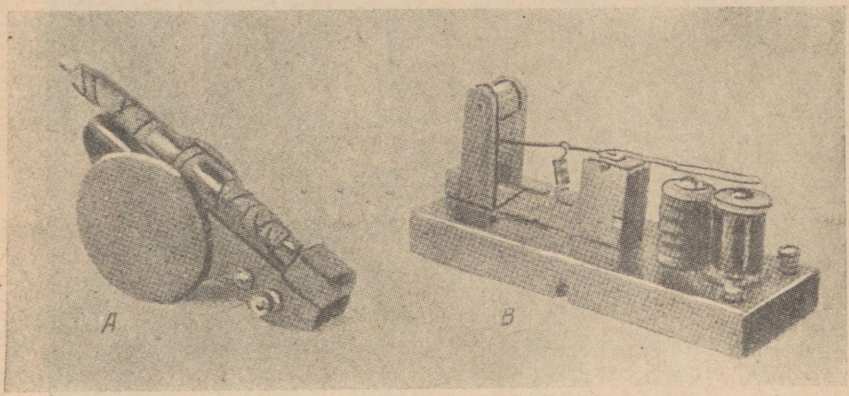


Joon. 120-IV. Omavalmistatud katseriist juhtide ja

2. **Metoodilised nõuded ringidele.** Ringide organiseerimisel ja nendes töötamisel tuleb juhinduda järgmistest põhimõtetest:

1) Nagu oli juba öeldud, peab algatus ringi loomiseks ning tema tööde teema kindlaksmääramine tulema õpilastelt. Pedagoogi ülesandeks on pinnase ettevalmistamine sellise algatuse tekkimiseks, äratades selleks õpilaste huvi füüsika ja tehnika teatavate küsimuste vastu. Üheks abinõuks selleks on loeng-vestluse korraldamine ühele või teisele teemale.

2) Ringi töös ei tule rikkuda vabatahtlikkuse printsiipi ringi astumise ja peaasi — ringis olemise kohta.

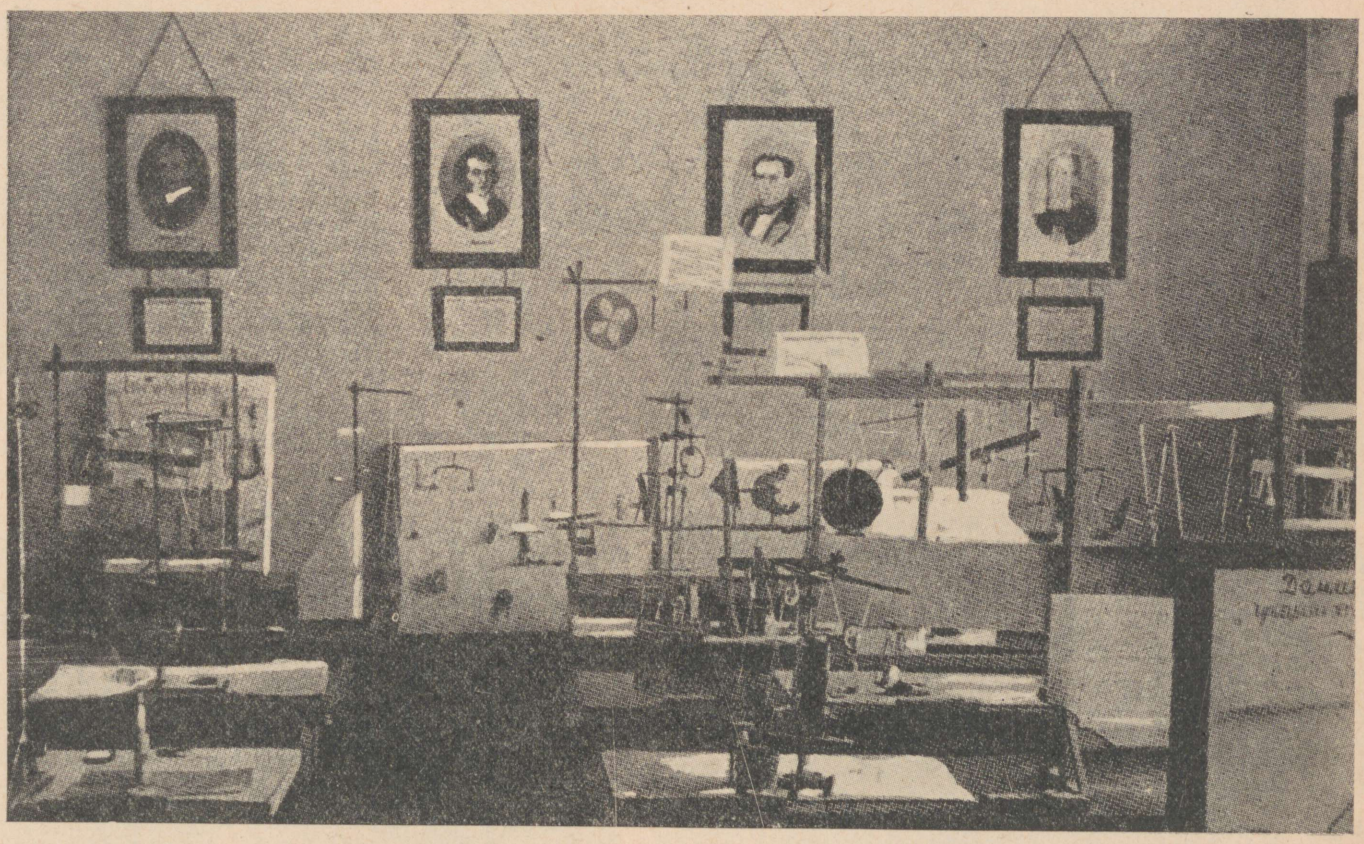


Joon. 120-V. Omavalmistatud katseriistad: *A* — elektromagnetiline suurtükk; *B* — telegraafiaparaat.

3) Õpilaste huvide tundmaõppimise põhjal jaotatakse nad kaheks põhirühmaks: kes kalduvad tööle raamatuga ja kes huvituvad praktilistest töödest. Nende kalduvuste rahuldamiseks organiseeritakse kahte tüüpi ringe — „teooria" ülekaaluga ühes ning „praktika" ülekaaluga teises.

4) „Teooria"-ringides on õpetaja tingimatuks ülesandeks peale põhieesmärgi praktiliste tööde sisseviimine. Täpselt samuti oleks ebaõige praktilist laadi ringe taandada ainult käsitöö tüüpi töödeks. On vajalik, et „teooriast" õpilasi kistaks kaasa praktikasse ja ümberpöördult — „praktika"-ringides õpitaks vajalikul määral teooriat.

Missuguseid teooria küsimusi ka ei õpitaks tundma ringides, on alati võimalik valida katseid ja teisi praktilisi töid, mis soodustaksid tundmaõpitavast paremat arusaamist. Praktilised, eeskirjalikku laadi tööd aga üksi, ilma teemaga seotud füüsikaliste küsimuste selgitamiseta, võivad osutuda seostumatuks füüsikaga ja muutuda käsitööks. Niisiis oleks õpetaja ülesandeks üht tüüpi ringides viia õpilasi „teooriast" „praktika" juurde, teises aga „praktikast" „teooria" juurde.



Joon. 120-VI. Kodusteks laboratoorseteks töödeks õpilaste pool valmistatud katseriistade aruande-näitus (Moskva 135. kool, õpetaja L. V. Beinart).

5) Ringi organiseerimisel peab õpetaja koostama rangelt kindla t ö ö p l a a n i, aegsasti otsustades, missuguseid küsimusi tuleb temal endal selgitada ja mida suudavad valgustada üksikud õpilased, ette valmistada ringi jaoks vastavad teadaanded ning kirjandus, millele saaks rajada õpilaste iseseisvat tööd jms. Peale selle tuleb aegsasti kindlaks määrata: valmistamisele tulevate riistade ning mudelite, demonstratsioonide ning laboratoorsete tööde nimestikud. Nende nimestike koostamisel tuleb arvestada kooli võimalusi, tööde varustamist tööriistadega, materjalidega jne.

6) Praktilist laadi tööde korral tuleb mitte unustada selliste tööde kasvatuslikku tähtsust, pöörates tähelepanu laboratoorse ja tehnilise kultuuri kindlate oskuste külgeharjutamisele (vt. II k., §§ 4 ja 5). Sealjuures ei tule lubada valmistada mitte küllalt viimisteldud riistu ja mudeleid.

7) Nii tehnilise modelleerimise ning riistade valmistamise kui ka katsete ettevalmistamise tööd tuleb kasutada õpilastele polütehnilist laadi (§ 10, 4) o s k u s t e andmiseks. Selleks tuleb õpetajal parajal ajal näidata kõigile ringi liikmetele käsitöö tüüpi võtteid, näiteks kuidas õigesti kasutada saagi, höövlit, kruvikeerajat, jõhvsaagi, viili, tõlvikut jne.

8) Ringide põhieesmärgi — arendada õpilaste tehnilise leidlikkuse ning loomingu võimet — saavutamiseks tuleb tagada nende töödes võimalikult suurt i s e s e i s v u s t. Pole vajadust nõuda riista või mudeli täpset vastavust antud eeskujule või kirjeldusele, vaid lubada suurel määral kõrvalekaldumisi konstruktsioonis. Sageli ilmneb, et õpilaste poolt valmistatud riistad ja mudelid on konstruktsioonilt lihtsamad ja tegevuses efektsemad, võrreldes eeskujudega. Veel enam — tuleb ergutada kõike originaalset, mida õpilased ise on välja mõelnud, isegi kui seejuures kannatab riistaga esiletoodava nähtuse efektiivsus. On parem, kui õpilase käsutuses on mitu allikat riistade mitmekesiste konstruktsioonidega, ja ta, võrrelnud neid, teeb iseseisvalt valiku.

9) Ei tule püüda selle poole, et iga ringist osavõtja teeks võimalikult suure a r v u t ö i d. On parem piirduda nende vähema hulgaga, pöörates tähelepanu sellele, et nendega seotud teadmised füüsika ja tehnika alalt oleksid küllalt hästi tundma õpitud.

10) Õpilane peab tingimata tutvustama ringi ülejäänud liikmeid iga tehtud tööga, näidates riista või mudelit tegevuses ja andes vastavaid füüsikalist laadi seletusi. On soovitav, et õppija valmistaks vajaduse korral diagramme ning jooniseid, millel on vahetu seos käsiteldava küsimusega. Selline võte, peale selle et tutvustab ringi liikmeid riistaga, õhutab õpilast edasisele tööle. Pärast seda, kui on kogunenud küllalt töid, tuleb korraldada ringi lahtine koosolek kogu kooli õpilasperele. Aasta lõpul tuleb korraldada kogu toodangust (seinalehed, referaadid, näitlikud õppevahendid, riistad, mudelid jne.) n ä i t u s (joon. 120-VI) ning kasutada mõningaid selle materjale kursuse kordamisel ja eksamil.

4. Kirjandus. Kirjandus, mida saab kasutada klassivälistel üritustel, on arvukas. Järgnevas on toodud artiklite ning raamatute loetelu, mis väärivad suuremat tähelepanu.

a) Artiklid ajakirjas «Физика в средней школе»:
Шахова, Физические вечера, 1940, № 1.
Европин, Из опыта физического кружка, 1940, № 1.
Иванов, Внеклассная работа преподавателя физики, 1940, № 5.
Зарецкий, Из опыта кружковой работы по физике, 1940, № 6.
Жарков, Школьный кружок метеорологов, 1941, № 3.
Кравченко, Ученические рефераты по физике, 1946, № 2.

b) Artiklid ajakirjas «Физика в школе»:
Л. И. Резчиков, Из опыта работы учителя физики И. И. Бабушкина, 1949, № 5.
Б. И. Переверзев, Подготовка учащихся к практической деятельности, 1949, № 6.

c) Artiklid ajakirjas „Nõukogude Kool":
Omavalmistatud õppevahendid II, 1947, Nr. 7.
A. Emmo, Omavalmistatud füüsika katseriistad, 1950, Nr. 5.

§ 51. Lisatöö mahajäänutega ja väga edukatega.

Igas 30—40 inimesest koosnevas klassis leidub alati üksikuid õpilasi, kes ühel või teisel põhjusel jäävad klassist maha. Enne kui otsustada nende abistamise vormi küsimust, tuleb õpetajal selgitada mahajäämise põhjused. Kui põhjus peitub õpilase mitteküllaldases tähelepanus sellele, mida õpetaja käsitleb klassis, või koduseks tööks ülesantu mittetäitmises, siis tuleb eelkõige tarvitusele võtta üldpedagoogilist laadi abinõusid ja mõjuda õpilasele vajalikult ja seejuures kindlalt. Vilunud õpetajal on sellised mahajäämise juhud üksikud ning isegi juhuslikud. Kui aga mahajäämine sõltub õpilase mitteküllaldasest arengust, siis tuleb organiseerida talle süstemaatilist abi, kuid mitte ainult füüsikas, vaid ka teistes ainetes. Õpetaja aga ei saa ega pea muutuma repetiitoriks, kuid on soovitav, et ta eraldaks konsultatsioonideks ühe tunni nädalas. Neid konsultatsioone ei tohi mingil juhul teha kohustuslikeks kõigile õpilastele, kuid mahajäänuid tuleb kaasa tõmmata sinna kohustuslikus korras, tehes neile ülesandeks valmistada ette ülesantu, nii kuidas nad seda oskavad, ja selgitada neile arusaamatu. Suure tähtsusega mahajäänute abistamisel, nagu näitab praktika, on ülesanne — sooritada õpetaja juhtimisel mingid lihtsad katsed tundmaõpitavast jaost. Ei tule unustada, et tunnetamisprotsess on eriti efektiivne, kui ta on seotud meeleliste tajumustega. Peale selle soodustab katse huvi tärkamist, mis on üheks neist vägevaist õhutajaist aine õppimisele.

Täiesti otstarbekohane, nagu seda praktiseeritakse paljudes koolides, on mahajääja kinnistamine edasijõudjatest kõige tugevamate külge töötamiseks temaga. Selline töö, mis muide vajab õpetaja järelevalvet, annab end positiivselt tunda mitte ainult mahajäänus, vaid ka edasijõudjas, pannes viimast omandama tundmaõpitut veel kindlamalt ja põhjalikumalt. Kõikidel töödel tuleb igati ergutada katsete sooritamist.

Ei tohi unustada ka hästi edasijõudvaid õpilasi, kes õpivad ainult hinnetele „5". Töö klassis ei suuda neid alati rahuldada. Selliseid õpilasi on soovitav kaasa tõmmata abilisteks-laborantideks füüsika katsete ettevalmistamisel. Neist moodustub harilikult ka teadusliku või tehnikaringi tuum; nad loevad meelsasti neile soovitatud populaarteaduslikku kirjandust jms. Sellistest õpilastest võib õpetaja kasvatada mitte ainult häid laborante, kes osutavad temale otsest ja suurt abi, vaid ka tulevasi töötajaid füüsika ja tehnika valdkonnas.

PROGRAMMI ERI TEEMADE KÄSITLEMISE METOODIKA.

KOLMETEISTKÜMNES PEATÜKK.

FÜÜSIKA ÕPPEPROGRAMM.

§ 52. Kesk- ja seitsmeklassilise kooli füüsika õppeprogrammi üldülevaade.

1. Füüsika kursuse üldülesanded. Füüsika kursuse üldine sisu keskkoolis peab olema küllaldane selleks, et anda tema lõpetajaile üldharidust ja ette valmistada neid sellega nii tegevuseks elus kui ka füüsika kursuse läbivõtmiseks kõrgemas koolis. Keskkooli füüsika kursuses peavad kajastuma kaasaegse füüsika kui teaduse peamisemad ning iseloomulikumad jooned, ja nii, et kursuse tundmaõppimise tulemusena tekiks õpilastel maailma füüsikaline pilt. Sellised on füüsika kursuse üldised ülesanded, milledele tuleb allutada käsitlemisele võetavate küsimuste valik. Kuid ei tule unustada ka tegelikke küsimusi: kasutada füüsika-alaseid teadmisi ümbritseva tehnika ja looduses toimuvate põhimiste füüsikaliste nähtuste mõistmiseks. Lõpuks peavad õpilased saama rea laboratoorseid ja tehnilisi oskusi selleks, et mitte ainult teada, vaid ka osata midagi teha.

2. Seosest teiste ainetega. Koolis antavate teadmiste tase on seotud füüsika õppimise ajaga ning koolis õpitavate teiste ainete läbivõtmise ulatusega, nii nende ainete ulatusega, mis teataval määral teenindavad füüsikat (esijoones matemaatika), kui ka nende ainete (keemia, loodusteaduse ja maateaduse) omaga, millede omandamiseks on vajalik tunda füüsikat. Ülesanne anda üldharidust ei luba püstitada füüsika-alaste teadmiste taseme küsimust isoleeritult. Erilise tähtsusega füüsikale on matemaatika programm, sest selle kehtiv (kuni 1947. a.) õppekava pidurdas füüsika õppimist. Käesoleval ajal toimuv matemaatika õpetamise reform on suunatud sellele, et õppimise algusest peale arendada funktsionaalse sõltuvuse mõistmist, mis võimaldaks tunduvalt parendada füüsika-alase materjali sisu ja selle jaotamist.

3. Õppetundide võrk. Õppeplaani järgi oli füüsikale määratud tundide arv järgmine: [1]

6.	klass	2	tundi	nädalas	ehk	umbes	66	tundi	aastas
7.	„	3	„	„	„	„	98	„	„
8.	„	3	„	„	„	„	98	„	„
9.	„	2½	„	„	„	„	82	„	„
10.	„	4	„	„	„	„	132	„	„

4. Kursuse üldsisu. Selle tundide arvuga saavad õpilased kursuse lõpuks järgmisi teadmisi füüsika põhiosadest:

A. Mehaanika.

Kinemaatika ja dünaamika. Ühtlane, sirgjooneline ja ühtlaselt muutuv liikumine. Newtoni seadused. Ühikute GGS-süsteem. Liikumiste (ühtlase ja ühtlaselt kiireneva) liitmine. Mehaaniline energia ja energia jäävuse seadus. Jõudude liitmine. Jõudude tasakaal (kaasa arvates jõu momendi mõiste). Lihtmehhanismid.

Hüdro- ja aeromehaanika. Pascal'i ja Arhimedese seadused, nende kasutamine. Õhurõhk ja selle mõõtmine. Liikuva vedeliku ja voolujoonelisuse mõiste. Lennuki tiiva tõstejõu tekkimine.

Pöörlev ja võnkuv liikumine (kaasa arvates akustika). Ühtlane liikumine ringjoont mööda. Kesktõrjejõud. Ülemaailmse gravitatsiooni seadus. Harmoonilised võnkumised. Pendel. Võnkumiste levimine. Põhiteadmisi akustikast.

Teadmiste taseme iseloomustamiseks mehaanika alal tuleb märkida, et programmis on nimetamata: liikumise hulga (impulsi) jäävuse seadus; tahke keha pöörlemise ja inertsimomendi küsimus; kesktõmbekiirenduse ja pendlivalemid antakse tuletamiseta.

B. Soojus ja molekulaarfüüsika.

Soojus. Temperatuuri mõõtmine ja soojushulk. Soojuse mehaaniline ekvivalent. Kütuse küttevääртus. Paisumise termilised koefitsiendid.

Molekulaarfüüsika. Molekulaar-kineetilised kujutlused gaaside, vedelike ja tahkete kehade ehitusest. Gaaside seadused. Pindpinevus ja märgamine. Aine kristalliline struktuur. Tahkete kehade elastsed omadused. Sulamine ja aurumine. Kriitiline temperatuur. Õhu niiskus.

Auru ja gaasi töö. Auru töö mõiste aurumasinas ja gaasi töö sisepõlemismootoris.

Teadmiste taseme iseloomustamiseks füüsika selles jaos mainime, et programmis ei nimetata termodünaamika I printsiipi, II printsiipi puudutatakse aga ainult soojusmasinate kasuteguri vaatlemisel. Gaaside seaduste vaatlemisel ei kasutata gaaside konstantide mõistet.

[1] See õppeplaan on kehtiv Vene NFSV koolides; Nõukogude Eesti koolides on füüsika õppeplaan erinev. Toimetus.

C. Elekter.

Elektrostaatika. Coulomb'i seadus. Elektri hulk ja elektri jaotumine juhil. Elektriväli ning seda mõõtvad suurused — elektrivälja tugevus ja potentsiaal. Elektrimahtuvus. Dielektriline konstant.

Elektrivool. Elektrivoolu seadused (Ohm'i ja Joule'i-Lents'i seadused). Järjestikune ja paralleelne ühendus. Õpetus magnetväljast. Voolu magnetväli. Elektromagnetiline induktsioon (Lents'i reegel) ja omainduktsioon. Mõiste elektrimootoritest ja generaatoritest.

Juhtivus. Faraday' seadused. Elektrivool gaasides. Katoodkiired ja elektron-riistad.

Elektromagnetilised võnkumised ja lained. Võnkering. Elektromagnetilised lained. Raadio.

Teadmiste taseme iseloomustamiseks elektri alal märgime, et programmis on nimetamata Kirchhoff'i reeglid, ei anta kvantitatiivseid kujutlusi jõust, mis mõjub magnetväljas asetsevale vooluga juhtmele, ja induktsiooni elektromotoorse jõu suurusest; programmi ei ole võetud teatmeid kolmefaasilisest voolust, elektroni laengu ja tema massi suhet.

D. Optika.

Geomeetriline optika. Peegeldumise ja murdumise seadused (murdumisnäitaja). Sfäärilised peeglid. Lihtsamad optilised riistad.

Füüsikaline optika. Fotomeetria. Valguse kiirus. Interferentsi ja difraktsiooni mõiste. Spektrid (katseliselt). Kirchhoff'i seadus. Fotoefekt. Elektromagnetiliste lainete skaala. Röntgenikiired.

Optika läbivõtmise ja teadmiste ulatuse iseloomustamiseks aine elektrilise olemuse kohta osutame sellele, et programmis puudub maine elektronist ja prootonist, puudub absoluutselt musta keha kiirgus, samuti igasugune kujutluski kiirguse kvantilisest olemusest.

Programm kajastab vähe kaasaegset füüsikat; igal juhul tunduvalt vähem, kui näiteks keemia programm kajastab kaasaegseid kujutlusi keemilistest reaktsioonidest. Viimasel ajal (1947. a.) on käsil füüsika programmi revideerimine: kõige tähtsamaid lünki temas täidetakse selles suunas, et viia õpilasi tunduvalt lähemale kaasaegse füüsika vaadetele.

Seitsmeklassilises koolis tuleb keskkooli poolt antavate teadmiste hulgast välja valida materjal, mis on jõukohane läbivõtmiseks 6. ja 7. klassis ning mis kujutaks endast mingit tervikut füüsikaalastest teadmistest. Füüsika algkursusel, nagu seda põhjalikult vaatlesime eespool, on kaks põhiülesannet: ta peab andma teadmisi füüsikast, mis on kindlasti vajalikud igale töötajale, missuguse eriala ta endale ka ei valiks; teiselt poolt aga peab see kursus ette valmistama teise astme kursuse läbivõtmiseks (8.—10. või

8.—11. klassi). Selleks, et anda seitsmeklassilise kooli füüsika programmi üldiseloomustust, tuleb esialgu käsitada materjali paigutamise viiside küsimust, mida on kolm: radiaalne, kontsentriline ja astmeline.

§ 53. Materjali radiaalne, kontsentriline ja astmeline paigutamine.

1. Füüsika käsitlemine liikumise vormide keerukamaks muutumise korras. Füüsika käsitlemine peab olema süstemaatiline. Süsteem eeldab materjali paigutamist kindlas järjestuses ja tema arendamist teatavast kindlast vaatekohast, kursuse algusest peale kuni lõpuni, kordumiseta ja lünkadeta. Süsteem eeldab samuti teatava seesmise mõtte läbiviimist. See põhijoon, mis määrab kindlaks kogu süstemaatika, on käsiteldava teaduse sisu või pedagoogiliste kaalutluste tulemuseks. Eespool oli juttu füüsika kui teaduse ja füüsika kui õppeaine iseärasustest (§§ 1 ja 2). Seal leidsime, et need mõlemad „füüsikad" peavad olema teineteisele võimalikult lähedased. Seepärast peab füüsika kursuse üldine süstemaatika loomulikult järgima klassikalise füüsika põhijagusid. Need jaod järgnevad teineteisele mateeria liikumise keerukamaks muutuvate vormide tundmaõppimise korras. Õppides tundma füüsikaliste nähtuste elavat tõelisust, me märkame selles järk-järgult neid mateeria liikumise keerukamaks muutuvaid vorme. Nad on objektiivselt täheldatavateks tõsiasjadeks, milledega peab arvestama iga teaduslik käsitlus.

Esimeseks kõige lihtsamaks liikumise vormiks (selle termini filosoofilises mõttes) on suurte aineliste kehade ümberpaigutumine — klassikaline ehk füüsikaline mehaanika. Edasi, õppides tundma aine väikseimate osakeste — molekulide liikumist, me puutume kokku liikumise uue vormiga. Molekulide kaootilise liikumise seaduspärasuste uurimine on statistilist laadi. See viib võimatusele ja mittevajadusele eristada iga üksiku molekuli liikumist, ja ümberpöördult — võimaldab vaadelda neid kogumikuna, mis on mateeria liikumise selle vormi iseloomulikumaks omaduseks. See vorm moodustab füüsika teise suure jao — molekulaarfüüsika aine, millesse liitosana kuulub soojus.

Lõpuks on elektris ja magnetismis meie ees mateeria veel keerukam liikumise vorm — elektri- ning magnetväli; nad on „materiaalsed", sest nad on objektiivseks reaalsuseks, mis mõjub meie meeltele, kuid nad ei ole „ainelised", s. t. nad ei koosne sellest „ainest", millel on mass ja mis omab ülemaailmset gravitatsioonijõudu. Ümberpöördult — just elementaarsete osakeste (elektronide, prootonite jms.) elektriliste ja magnetiliste omadustega on seletatavad „aineliste" kehade ja nende elementide — aatomite ja molekulide — mitmed omadused. Klassikalise füüsika süstemaatika läheb siin üle kaasaegse füüsika uutele vaatekohtadele. Sellised füüsika jaod, nagu akustika — õpetus häälest, kandub loomulikult sellises süstemaatikas mehaanikasse, optika aga elektriliste ning magne-

tiliste nähtuste õpetusse. Õpetus energiast — termodünaamika — seisab eraldi, hõlmates füüsika kõiki osi. See õpetus algab energia mehaaniliste vormide vaatlusega, laieneb molekulaarfüüsika nähtustele ja levib elektrilistele ning magnetilistele nähtustele. Termodünaamiline vaatekoht peab leidma oma peegelduse igas, isegi füüsika elementaarses käsitluses.

Füüsika loomulik süstemaatika on: mehaanika, molekulaarfüüsika koos soojusega, elekter, optika ja lõpuks aine ehitus. Füüsika sellisel käsitlusel esineb kõige vähem raskusi.

2. Materjali paigutamise kolm süsteemi. Materjali paigutamine kordumisteta, katkestamatu edasiliikumisega keerukamate nähtuste poole, tagasipöördumisteta läbivõetule — kannab füüsika metoodikas materjali radiaalse paigutamise nimetust. Ta näib olevat kõige otstarbekohasem kõikidest seisukohtadest, nii füüsika teaduse kui ka pedagoogilisest seisukohast. Rangelt radiaalse käsitluse katsetel füüsika kursuses tekib siiski suur hulk raskusi, peamiselt pedagoogilist laadi. Need raskused seisavad järgmises:

1) Klassikalises ja seda enam kaasaegses füüsikas on mitmesugustest jagudest eriküsimused väga tihedasti läbi põimunud üksteisega. Näiteks õppides tundma tahkete kehade, vedelike ja gaaside füüsikalist mehaanikat, ei saa toetumata jääda nende molekulaarsetele omadustele — tahkete kehade tugevusele ning elastsusele, vedelike ja gaaside voolavusele ning viskoossusele jne.

2) Mitmed mehaanika küsimused, olles nii-öelda raskemad ja keerukamad, võrreldes elektri, optika ja soojuse elementaarsete küsimustega, osutuvad õppimiseks mittejõukohasteks nii matemaatilise ettevalmistuse puudumise kui ka õpilaste mitteküllaldase üldarengu tõttu nooremates klassides.

Seega rangelt radiaalne paigutus, mida harilikult järgitakse kõrgemate õppeasutiste füüsika kursustes, on vastuvõetamatu keskkoolile. Põhjustele, mis raskendavad radiaalset paigutamist, tuleb lisada raskused, mis tekivad rahvahariduse süsteemi kuuluvate koolide jagunemise tõttu 7. ja 8. klassi piiril. See nõuab teatavat viimistlust kooli iga astme jaoks ja tarvidust anda teadmisi füüsika alalt, arvestades nende vajadust õppeplaani teiste ainete läbivõtmisel (teadmisi molekulaarsetest nähtustest — bioloogia läbivõtmiseks, elektri alalt — keemia jaoks, optikast — inimese füsioloogia jaoks jne.).

Need raskused viivad mõttele üles ehitada kursus kahte ringi ühendatud küsimuste kujul, rikkudes õppimise radiaalsust ja osaliselt teaduslikku süstemaatilisust. Selline materjali paigutamise süsteem kannab kontsentrilise paigutamise nimetust. Arvestades eespooltoodud kaalutlusi ja rahvahariduse süsteemi, võetakse füüsika kursus läbi kahes osas — kahes kontsentris: esimest korda 6-ndates ja 7-ndates klassides kõige elementaarsemal kujul, teist korda laiendatult ja süvendatult 8.—11. klassides. Kummagi kontsentri programmi ülesehitamisel nihutatakse esiplaanile eri küsi-

muste vastastikune seos; peale selle arvestatakse õpilaste süstemaatilist ettevalmistust, nende arenemise taset ja teisi east tingitud iseärasusi ning lõpuks võetakse võimaluse piires sisse küsimusi, mis on vajalikud teiste ainete läbivõtmisel. Kuid raskusi tekib samuti ka kontsentrilisel ülesehitamisel. Nad seisavad ülemineku raskustes ühest kontsentrist teise. Valides rühma küsimusi esimese kontsentri jaoks ja paigutades nad süsteemi, tuleb teine kontsenter ehitada nii, et sisuliselt samade küsimuste teistkordsel vaatlemisel, õieti küll teisest küljest, vältida liigset aja kulu juba läbivõetu kordamiseks.

Peale nende materjali paigutamise kahe viisi on olemas veel kolmas, mida nimetatakse *astmeliseks*, mille rakendamisel materjal paigutatakse nii, et iga järgnev „aste" põhineks varemalt läbivõetul ja ise oleks aluseks järgmisele. Selline astmeline paigutus on analoogiline spiraaliga. Spiraali keerud ei sulgu, vaid kogu aeg laienevad, vaatamata sellele, et lõikavad ühtesid ja samu tsentrist tulevaid „raadiusi". Astmeline paigutus on kõige otstarbekohasem, kuid ta ei sobi meie hariduse süsteemiga, sest seitsmeklassilise kooli lõpetanud õpilased saaksid kujutluse kaugeltki mitte kõikidest põhi-, vaid ainult mõnedest ja seejuures võrdlemisi vähestest füüsika küsimustest.

Viimasel ajal on märgata tendentsi (seoses koolide töö kogemuste põhjal selgitatud raskusega tundma õppida 8. klassis mehaanikat tervikuna) lubada teadusliku süsteemi mõningat rikkumist ja üles ehitada füüsika kursus vanemates klassides (8.—11.) astmelise süsteemi järgi. Astmelisus on pedagoogilises mõttes kasulik ka nooremates klassides (6.—7.). Ta peegeldub muuseas, nagu me seda käsitleme põhjalikult § 54, soojuse õppimise jaotumises kahte ossa: esimese osa viimises 6. klassi ja teise (soojuse mehaaniline ekvivalent ja jõumasinad) õppimises mehaanika lõpposas.[1]

§ 54. Seitsmeklassilise kooli programmi üldine sisu.

Füüsika kursus seitsmeklassilises koolis kujutab endast, nagu juba selgitasime, esimest ja viimisteldud põhiküsimuste vooru kõikidest füüsika osadest. Enne revolutsiooni esines selletaoline füüsika algkursus kõrgemates algkoolides. Midagi sarnast, kuid palju suuremas ulatuses ja suurema süvenemisega füüsika küsimuste olemusse, sisaldas naisgümnaasiumide[2] füüsika kursus. Nõukogude koolis on tema asutamisest saadik võetud tarvitusele füüsika kursuse kontsentriline ülesehitus, kusjuures esimest kontsentrit õpiti esialgu II astme kooli 5., 6. ja 7. õppeaastal, pärast koolireformi aga

[1] Nõukogude Eesti koolides käsitellakse soojusõpetust üheskoos 6. klassis pärast mehaanika algmete õppimist. Põhjus on selles, et 7. klassile on ette nähtud 2 füüsikatundi nädalas (VNFSV koolides 3 t.). Toimetus.

[2] Algkoolide ja naisgümnaasiumide programmi sisu üle võib otsustada vastavate raamatute järgi: Баранов, Начальная физика, ja Цингер, Начальная физика.

6. ja 7. klassis.[1] Nõukogude kooli kolmekümneaastase töö kogemuste põhjal võib lugeda esimese kontsentri ülesehitamise printsiibid ja sisu küllalt väljakujunenuks. On iseloomulik, et programmi viimastel revideerimistel ei tehtud mingeid olulisi muudatusi; täpsustused aga piirdusid kõrgendatud nõudmiste parandamisega, mis seisid õpilaste vanuslike võimete mõningas ülehindamises. Vaieldav on seni ainult akustika algteadmiste õppimise küsimus; kuni 1948. a. kehtivate programmide kohaselt seda osa ei õpitud üldse. Kuivõrd füüsika esimesel kontsentril on üldhariduslikku tähtsust, sedavõrd ei saa jätta seitsmeklassilise kooli lõpetajaid ilma kas või elementaarsetest kujutlustest hääle loomust ja mõningate häälenähtuste seletamisest, seda enam, et programmi on võetud hulk vähemtähtsaid küsimusi, millede väljajätmise arvel võiks saada aega akustikale. Akustika õppimisel on välditamatu tutvumine võnkeprotsessi elementidega; kuna see küsimus on õpilastele raske, siis on otstarbekohasem õppida akustikat füüsika kursuse päris lõpus — pärast optikat, kui õpilaste füüsikaline mõtlemine on juba vajalikul määral arenenud.

Seitsmeklassilise kooli kaasaegne füüsika programm peab meie arvates sisaldama järgmisi põhiküsimusi:

6. klass (66—70 tundi):[2]

1) Lihtsamad füüsikalised mõõtmised (pikkus, ruumala, kaal, erikaal, jõud, aeg) (§§ **55—60**).

2) Tahke keha põhiomadused. Rõhk (§§ **61—63**).

3) Vedelike põhiomadused. Vedeliku raskuse rõhk. Arhimedese seadus (§§ **64** ja **65**).

4) Gaaside põhiomadused. Õhurõhk. Arhimedese seadus (§§ **66** ja **67**).

5) Algteadmisi soojusest (soojuspaisumine, soojuse edasiandumine, soojushulk, sulamine, aurumine ja keemine) (§§ **68—75**).

Peale selle peame me tarvilikuks valgustada lõpuks (koos kordamisega) küsimust:

6) Molekulaar-kineetilise teooria mõiste (§ **76**).

7. klass (99—105 tundi):

1) Algteadmisi mehaanikast (liikumise liigid, kiirus, inerts, hõõrdumine, töö ja võimsus, lihtmehhanismid) (§§ **77—82**).

2) Õpetus energiast. Energia jäävuse seadus. Energia muundumine jõumasinates (§§ **83—85**).

3) Õpetus elektrivoolust (elektriseerimine, elektrivoolu pinge ja voolu toime, elektrivooluring, vooluallikad) (§§ **90—94**).

4) Elektrivoolu seadused (voolu tugevus, takistus, pinge, Ohm'i seadus, voolu töö ja võimsus, Joule'i-Lents'i seadus) (§§ **95—98**).

---

[1] Meie ei valgusta meelega „lastehaiguste" perioodi noores nõukogude koolis, kuna see küsimus on sümptomaatiline koolile tervikuna, mitte aga ainult füüsika õpetamisele, ja on küllalt täielikult iseloomustatud pedagoogika kursustes.

[2] Õppeaastas on 35 õppenädalat; pühade tõttu aga on mõnikord kasutada 33 nädalat.

5) Elektrienergia muundumised (muundumine soojuseks, magnetism ja elektromagnetism, elektrienergia muundumine mehaaniliseks energiaks ja ümberpöördult, elektrienergia ülekanne) (§§ **99—103**).

6) Algteadmisi optikast (valguse levimine, peegeldumine, murdumine kvalitatiivsest küljest, silm, dispersioon) (§§ **104—110**).

Ja vastavalt eespool toodud põhjendustele:

7) Algteadmisi häälest, hääleallikad (häälelainete mõiste, hääle kõrgus, resonants, heli ülesvõtmine ja reprodutseerimine, kõrv) (§ **111**).

Peale programmis loeteldud teadmiste peavad õpilased veel saama füüsikaliste põhisuuruste (ruumala, kaal, erikaal, jõud, õhurõhk, temperatuur, soojushulk, voolu tugevus, pinge, takistus) mõõtmise ning mõningate füüsikariistade käsitsemise oskusi, selleks et sooritada lihtsamaid katseid. Seepärast osutatakse programmis laboratoorsete tööde loetelu vaid obligatoorse miinimumina, millega võivad piirduda ainult koolid, kes pole katseriistadega küllaldaselt varustatud.

Käesoleva raamatu kogu järgnev käsitlus on pühendatud füüsika kursuse sisu vaatlemisele ning metoodilistele märkmetele tema osade kohta tervikuna (paragrahvide numbrid on toodud eespool), edasi aga üksikasjalikele metoodilistele juhenditele programmi eri teemade järgi.

Nende juhendite tundmaõppimisel tuleb silmas pidada järgmist:

1) Juhendid koosnevad järgmistest jagudest: a) teema sisu; b) metoodilisi märkmeid teema juurde; c) teema eri küsimuste vaatlemine; d) ajalooline materjal; e) kasutamine tehnikas; f) ülesanded ja kodused tööd; g) laboratoorsed tööd; h) näitlikud õppevahendid; i) klassivälised tööd.

2) Demonstratsioonkatsete ning laboratoorsete tööde temaatika, metoodika ja tehnika küsimusi on käsiteldud II köites, kus muuseas peale katsete kirjeldamise on toodud nende süstemaatilised ülevaated seitsmeklassilise kooli programmi eri teemade järgi.

Lihtsustatud riistade ja nende valmistamise küsimustes tuleb pöörduda III k. poole. IV köites on käsiteldud jooniste ning joonestuste kasutamise metoodikat füüsika tundides ja on antud programmi eri teemadele vastava graafilise materjali süstemaatilised ülevaated.

3) Juhenditele ei tule vaadata kui metoodiliselt ainuõigetele teedele vaadeldava küsimuse käsitlemisel; juhendid vastavad ühele, teinekord aga ka kahele võimalikest variantidest.

4) Juhendid eeldavad küsimuste **kõige sügavamat ja laialdasemat käsitlust** (sisu maksimumi), mida **ei ole võimalik kaugeltki alati** teostada, eriti klassivälist tüüpi töödes. Sellise käsitluse eesmärgiks on näidata õpetamisprotsessis avanevaid kõige mitmekesisemaid võimalusi.

5) Õpetaja tööks on, tutvudes juhendite sisuga teemade järgi, ammutada neist **vajalik materjal**, koondada see tervikuks ja allutada täielikult seitsmeklassilise kooli **kehtivale füüsika programmile** ning õpetaja poolt valitud käsitluse metoodilisele süsteemile.

NELJATEISTKÜMNES PEATÜKK.

METOODILISI JUHENDEID JAOLE „LIHTSAMAD FÜÜSIKALISED MÕÕTMISED".

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 25 ja 26.

§ 55. Jao sisu.

Jao „lihtsamad füüsikalised mõõtmised" ülesanne seisab eelkõige selles, et anda õpilastele teadmisi füüsika põhisuurustest ja nende mõõtmise võtteist, varustada neid selliste mõõtmiste oskustega ja samuti tutvustada mõnede uute mõistetega, mis on vajalikud selleks, et õppida programmi lähimaid järgnevaid teemasid: õpetust tahkete kehade, vedelikkude ja gaaside omadustest. Jagu käsitellakse aga mitte ainult selleks teeninduslikuks otstarbeks, s. o. ettevalmistumiseks järgnevale, vaid ka selleks, et avastada, kuivõrd see osutub võimalikuks, vaadeldavate suuruste füüsikalist olemust ja kujutella mõõtmist kui füüsika meetodit. Jao sisu võib lugeda väljakujunenuks, kuna ta jääb muutmatuks reas programmides, nii varemaaegseis kui ka praegu kehtivais; see ei ole juhuslik nähtus ja on koolide töö kogemuste otseseks järelduseks.

Jaos vaadeldakse eelkõige aja, pikkuse, ruumala ja kaalu mõõtmise küsimusi, kusjuures nende suuruste põhiühikutele antakse täpsemad füüsikalised definitsioonid, võrreldes nendega, mis olid õpilastel teada varemalt. Õpilastele uutest suurustest võetakse kasutusele erikaal ja jõud. Erikaalu käsitlemisel näidatakse rea näidete ja ülesannete varal tema tähtsust tehnilistel arvutlustel. Jõu mõiste tehakse kindlaks peamiselt raskus-, lihaste ja elastsusjõu kujutluste põhjal. Seejuures vaadeldakse jõudusid mitte ainult suuruse, vaid ka suuna poolest. Samuti hakatakse kasutama jõu rakenduspunkti kujutlust ning näidatakse jõu graafilist kujutamisviisi. Jõu suuruse mõõtmiseks tutvustatakse õpilasi katse varal elastsusjõuga ja viimase kasutamisega dünamomeetrites. Peale selle täpsustatakse horisontaal- ja vertikaalsihi mõisteid ning tutvustatakse riistade abil püstloe, vesiloe ja vaaderpassiga.

On ilmne, et kuna õpilased asuvad esmakordselt füüsika õppimisele, siis esimene töötund, sõltumata vastavate juhendite puudumisest programmis, tuleb tingimata pühendada füüsika aine sisu selgitamisele, kasutades laialdaselt vastavaid katseid, selleks et luua piltlikke kujutlusi ainest.

§ 56. Metoodilisi märkmeid.

Jao tundmaõppimise tulemusena peavad õpilased omandama mitte ainult teadmisi füüsikaliste põhisuuruste ühikutest ja mitmesugustest arvutustest nendega, vaid saama ka kindlaid oskusi nende suuruste mõõtmises. Siit tuleneb selle jao tundmaõppimise metoodika eriline iseärasus, mis seisab laboratoorsete tööde rohkuses (pikkuse, ruumala, raskuse, erikaalu, jõu mõõtmine ja vertikaal- ning horisontaalsihi leidmine), mis nõuaks umbes kuni $^1/_2$ kogu selleks määratud ajast. Need oskused, peale selle, et nad on polütehnilised ja et neid võib vaadelda kui omaette eesmärki, osutuvad edaspidi tingimata vajalikeks, selleks, et sooritada kõiki laboratoorset laadi töid kursuses. Õpetaja peab ka arvestama seda, et mingid tema jutustused ega mingid demonstratsioonid ei suuda mõjutada selliselt erikaalu ja jõu mõiste kujunemist kui nende küsimuste iseseisev laboratoorne läbitöötamine õpilaste endi poolt.

Teema teiseks iseärasuseks on suur hulk mitut liiki arvutusi, milledel on peamiselt treeninguline otstarve. Seepärast peab füüsika õpetaja hoiduma selle eest, et füüsika ei muutuks aritmeetikaks. Et seda vältida, ei pea ülesannete tingimused olema abstraktsed, vaid kuuluma igapäevase elu, füüsika või tehnika mingisugustesse konkreetsetesse küsimustesse.

Erilist tähelepanu väärib esimene tutvustamine mõõtühikute nimetuste kirjapanekuga, selleks et kogu edaspidisel füüsika kursuse õppimisel rangelt säilitada mõõtude kirjapaneku kasutuselevõetud süsteemi. Küllalt tähtis on ka tutvumine erikaalu arvutlustega; seepärast tuleb pühendada tõsist tähelepanu ülesannete lahendamisele sellel teemal, seda enam, et õpilasi saab siin esmakordselt tutvustada valemite kasutamise kui suuruste nimetuste lühendatud (täheliste) sümbolite meetodiga ja tehetega tähtavaldiste kujul.

Suurim metoodiline raskus tekib sellest, et ei kasutata massi mõistet ega piiritelda „massi" ja „kaalu" mõistet. Füüsika esimese kontsentri varemaaegsetes õppeprogrammides ei võetud kasutusele massi mõistet, oskussõnaga „kaal" aga mõisteti nii massi kui ka raskusjõudu. Oskussõnaga „kaal" kord kaalu, kord massi mõistmine tekitas teaduslikkuse mõttes järgmisi arusaamatusi:

1) Kaaluühikute tundmaõppimise ja kaalu mõõtmise eel anti raskusjõu mõiste kuni vertikaal- ja horisontaalsuuna kindlaksmääramiseni selle jõu järgi (vt. 1943.—1948. a. õppeprogramme). Kaalu mõõdeti aga kangkaaludega, s. o. riistaga, mida kasutatakse õieti keha ja kaaluvihtide masside võrdlemiseks ehk teiste sõnadega — keha massi, mitte aga sugugi kehale mõjuva raskusjõu mõõtmiseks.

2) Oletades, et kangkaal, nagu dünamomeetergi, mõõdab mitte keha massi, vaid raskusjõudu, pandi kaaluühikute nimetused vastavalt standardile kirja kui jõuühikuid, s. o. G ja kG, mitte aga kui massiühikuid, s. o. g ja kg. Selletaolised kirjapanekud ei võinud tekitada erilisi vastuväiteid mehaanika algteadmiste tundmaõppi-

misel; ometi on need kirjapanekud mitte ainult ebakohased, vaid ka põhimõtteliselt lubamatud kalorimeetrilistel mõõtmistel soojusõpetuses.

3) Kõige olulisem puudus aga seisab selles, et reas füüsika küsimustes aine kaaluvust samastatakse õpilaste poolt hoopis teise mõistega, nimelt aine hulgaga, mis on nagu teada üks tähtsamaid algmõisteid füüsikas.

Käesoleval ajal esineb metoodikas massi mõiste sissetoomise kohta füüsika esimesse kontsentrisse kaks seisukohta. Üks neist, kõige levinenum, kajastub praegu kehtivas füüsika õppeprogrammis (1947. a.), kus massi mõistet ei ole hoopiski sisse võetud. Rida kaasaegseid metoodikuid ja õpetajaid aga ümberpöördult arvavad, et massi küsimus tuleb püstitada ja lahendada jõukohasel määral juba esimeses kontsentris. Seejuures ühed neist soovitavad anda massi mõiste enne kaalu käsitlust, s. o. füüsika esimestes tundides 6. klassis; teised aga arvavad, et massi mõiste tuleb kasutusele võtta mehaanikas, pärast kehade inertsi nähtuse tundmaõppimist. [1]

Esimese seisukoha pooldajad, kes eitavad massi mõiste kasutuselevõtmise võimalust, esitavad põhiteesi, mida saab kokku võtta järgmisteks juhtlauseteks:

1) Iga otsustus millegi — eseme, nähtuse, suuruse jms. kohta võib kujuneda ainult defineeritavale objektile või mõistele iseloomulikkude tunnuste tundmaõppimise alusel, ja alles sellise otsustuse põhjal võib tekkida enam-vähem täpne ja täielik kujutlus defineeritavast. Massi jaoks on sellisteks tunnusteks gravitatsioon ja inertsusnähtused, mida käsitellakse esimeses kontsentris nii vähesel määral, et põhjendada massi mõistet nende abil on võimatu.

2) Massi mõiste on üks kõige keerukamaid mõisteid, mis on vähe arusaadav mitte ainult 6. ja 7. klassile, vaid tekitab raskusi isegi 8. klassi õpilastele. Seepärast omandatakse massi mõiste 6. ja 7. klassi õpilaste poolt puhtformaalselt ning saavutatud tulemused piirduvad ainult definitsioonide pähetuupimisega, küsimuse olemust mõistmata.

3) Massi ja kaalu mõiste kindlakstegemine sunnib kasutama neile vastavaid mõõtühikuid ja nende tähiseid. Real juhtudel käib küsimus, kuidas vaadelda antud füüsikalist suurust — kas massina või kaaluna — üle jõu mitte ainult 6. klassi õpilastel, vaid pole kaugeltki lihtne õpetajale endalegi. Seepärast tekib teinekord mõõ-

---

[1] On iseloomulik, et kõik tähelepanuväärivad füüsika algkursuse õpikud, nii vanad kui ka uued, defineerivad massi kui „inertsuse mõõtu" ehk „keha järeleandmatuse mõõtu" ja teevad kindlaks selle mõiste just inertsi seaduse põhjal (vt. А. В. Цингер, Начальная физика, ja Д. И. Сахаров, Физика для педучилищ).

Neile õpikuile on samuti iseloomulik, et kaalu ja ta mõõtmise mõiste võetakse kasutusele otse kursuse alguses ja kaalu (mitte aga massi!) mõistet kasutatakse füüsika algteadmiste andmiseks. Kuna mehaanika õppimine harilikult ennetab soojusõpetuse käsitlemist, siis põhimõttelisi raskusi viimase tundmaõppimisel ei teki.

tude nimetuste kirjapanekutes tohutu segadus, sest õpilased loomulikult ei suuda hinnata erinevuse tähtsust massi mõistete vahel, seda enam aga vastavate ühikute nimetuste kirjapanekute vahel.

Selle seisukoha pooldajad soovitavad küsimuse järgmist lahendust: kaalumise õpetamisel tuleb leppida õpilastel oleva kaalu mõistega, mis on tekkinud igapäevase elu praktika põhjal, ja panna nimetus kirja tähe G abil, sõltumata sellest, kas suurus leiti kang-[1] või vedrukaaludel. Kaaluühikuks kilogramm tuleb võtta etalooni kaal, mõõtmise kohta arvestamata.

1 l ja 1 cm^3 puhta vee kaalu temperatuuril 4° tuleb lugeda vastavalt võrdseiks 1 kG-ga ja 1 G-ga.

Erikaaluühikute nimetusi tuleb kirja panna vastavalt kasutuselevõetud tähistamisele, s. o. näiteks $\frac{G}{cm^3}$, $\frac{kG}{dm^3}$, $\frac{T}{m^3}$. Kuid kalorimeetriliste arvutluste käsitlemisel tuleb oskussõna „kaal" asemel kasutada oskussõna „ainehulk" (vee, metalli jms.), nimetuste kirjapanemistel aga kasutada massiühikut, andes sel puhul vastava selgituse.[2]

Kuivõrd vaadeldud seisukoht kehastub kehtivas füüsika õppeprogrammis (1947. a.), sedavõrd programmi teemade edasistes metoodilistes ülevaadetes on ta võetud käsitluse aluseks.

Massi mõiste sissetoomine füüsika esimese kontsentri õppeprogrammi oleks olnud uuenduseks, mis oleks taotelnud tutvustada õpilasi selle alg- ja tähtsaima mõistega, mis võimaldab tunduval määral kõrvaldada eespoolmainitud vastuolusid. Selle seisukoha pooldajate arvates võib massi mõistet kasutusele võtta otse 6. klassi kursuse alguses näiteks järgmisel viisil. Käsitlemisel ei tarvitse kiirustada oskussõna „mass" tarvituselevõtmisega, seda enam aga alata harilikust definitsioonist, et massiks nimetatakse aine hulka kehas. Eelkõige tuleb reale õpilastele igapäevasest elust hästi tuntud näidetel selgeks teha, et aine hulk võib olla suurem või väiksem. Seda ei ole raske teha, seda enam, et õpilastel on selles küsimuses vastavaid kujutlusi igapäevasest elust. Edasi seatakse küsimus aine hulkade võrdlemisest omavahel, kusjuures juhitakse tähelepanu sellele, et seda on õieti öeldes võimalik teha ainult ruumalalt ühesuguste ainete puhul. Pärast seda selgitatakse, et erinevatest ainetest masside võrdlemine ruumala järgi on võimatu ja näidatakse kaaluvuse kasutamist seks otstarbeks. Lõpuks tutvustatakse õpilasi aine hulga mõõtmisega kangkaalude abil ja võetakse kasutusele massiühikud, s. o. gramm ja kilogramm. Sealjuures defineeritakse kilogrammi ja grammi vastavalt kui aine hulki, mis on võrdsed rahvusvahelise etalooniga või 0,001-ga selle massist.

Edasises käsitluses on palju õigem, seoses massi kujutluse kasutuselevõtmisega, rääkida mitte erikaalust, vaid tihedusest. Füüsika

[1] Tõepoolest, kangkaaludel ei ole võimalik vahetult mõõta keha kaalu, kuid mõõtmise tulemus võimaldab kaalu leidmist seose $p = mg$ põhjal.

[2] Vt. Д. И. Сахаров, Физика для школ взрослых, § 86, lk. 88.

esimeses kontsentris aga on täiesti võimalik asetada võrdusmärk erikaalu ja tiheduse mõiste vahele, kasutades sellist „erikaalu" liitmõistet kord raskusjõu, kord massi (kalorimeetria) arvutamiseks.

Keha kaalu kui raskusjõudu defineeritakse harilikul viisil jõudude õpetuse osas. Seoses massi mõiste kindlaksmääramisega tuleb aga esitada küsimus „massi" ja „kaalu" mõiste erinevusest. Seepärast tuleb tutvustada õpilasi sellega, et raskusjõud ehk ühe ja sama keha kaal on erinev poolustel ja ekvaatoril, sõltuvalt kaugusest Maa keskpunktini.[1] Õpilased peavad samuti teada saama, et keha raskus väheneb keha tõusmisel kõrgemale maapinnast, s. o. eemaldumisel Maa keskpunktist. Samuti võib osutada raskusjõu suurusele Päikesel ja mõnedel planeetidel. Need teadmised, peale selle, et nad elustavad jõu abstraktset käsitlust, on väga suure üldharidusliku tähtsusega.

Niisugune on üks neist massi mõiste sissetoomise ja käsitlemise variantidest; on võimalikud ka vaadeldava küsimuse teistsugused metoodilised lahendused.[2]

Kahtlemata jääb sellisel käsitlusel massi mõiste olemus ikkagi mitte küllalt avatuks ja hiljem (teises kontsentris) tuleb õpilasi palju ja kaua „järele õpetada", kuid mitte „ümber õpetada". Õpilased saavad igal juhul kindla kujutluse sellest mõistest ja peaasi — nende mõte saab ühes põhiküsimuses aine kohta füüsika õppimise esimestest sammudest peale õige orientatsiooni.

Kaasaegses füüsika metoodikas on järelikult lahendamata massi mõiste kasutuselevõtmine esimeses kontsentris. Küsimuse lahendamine vajab ka prooviõpetamise korraldamist koolides, samuti vastavat füüsika õpikut.

§ 57. Sissejuhatav vestlus füüsika õppimisele.

Demonstratsioon-katsed vt. II k., § 25.

1. Sisu. a) Füüsika kui üks loodusteadustest. b) Füüsika kui õppeaine sisu (füüsika peajaod). c) Füüsiliste kehade ja nähtuste mõiste. d) Füüsika tähtsus tehnikale, tööstusele ja sõjaasjandusele.

2. Metoodilisi märkmeid. Esimene füüsikatund on laadilt täiesti omapärane ja erinev kursuse edasisest käsitlusest. Selle tunni põhiülesanneteks on:

1) selgitada võimalust mööda füüsika aine sisu selles mõttes, et kindlaks määrata füüsika poolt uuritavate loodusnähtuste ala;

2) osutada füüsika tähtsusele tehnikas, tööstuses ja transpordis;

3) füüsilise keha ja füüsikalise nähtuse mõiste kasutuselevõtmine;

---

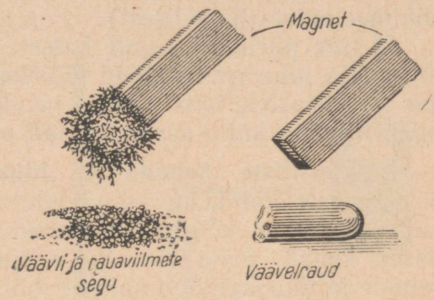
[1] Näide: Vahe veduri J. S. kaalus Arhangelskis ja Batumis.

[2] Vt. Д. И. Сахаров, Физика для школ взрослых, 8. trükk, 1940.

4) esimene tutvumine aine agregaatoleku kolme liigiga.

Selleks et küsimust füüsika põhimeetoditest — vaatlusest ja katsest paremini seostada järgneva käsitlusega, soovitatakse sissejuhatusena kasutada mõõtmiste õppimist.

3. Füüsika kui teadus ja tema sisu. Vaatamata oma sisu näilisele lihtsusele, sisaldab esimene õppetund tunduvaid metoodilisi raskusi. Nende raskuste peapõhjuseks on peale ülalmainitud kaalutluste vajadus anda üsna lühikese ajaga mõiste arvukatest ja mitmekesistest küsimustest, ja seejuures mitte ainult „sõnadega", vaid katsete ja näitlike õppevahendite demonstreerimise teel. Raskusi suurendab veel asjaolu, et sel tunnil õpetaja tutvub klassiga; õpilased aga tutvuvad esmakordselt füüsikaga ja õpetajaga. Seepärast on õpetajalt nõutav eriti põhjalik ettevalmistumine selleks tunniks, selleks et lühikese ajaga (1 õppetunniga) küsimustest esile tuua kõige olulisemat, laskumata liigseisse üksikasjusse. Käsitlemisel tuleb kokku hoida sõna otseses mõttes iga sõna ning piirduda ainult tõeliselt vajalike ja aegsasti hoolikalt ettevalmistatud katsetega.



Joon. 121. Magnet tõmbab raua välja segust väävliga, kuid ei tõmba külge väävlisrauda.

Püüda anda lühikest, kuid täpset füüsika definitsiooni, seda enam seitsmeklassilises koolis, on lootusetu, ja isegi rohkem — tarbetu töö (§ 1). Tõepoolest, kui füüsika defineerimine olekski võimalik, siis see oleks puhtformaalne ja igal juhul 6. klassi õpilastele arusaamiseks mittejõukohane. Seepärast tuleb füüsika õpetajal oma ülesandes piirduda sellega, et ta selgitab õpilastele seda loodusnähtuste ala, mida uurib füüsika, eriti aga tema meetodit. Sel esimesel tutvumisel füüsikaga on täiesti võimalik esitada küsimus nende loodusnähtuste piiritlemisest, mida uurivad füüsika ja keemia, kasutades aine koostise muutumise või jäävuse tunnust.[1] See on seda enam lubatav, et füüsika esimeses kontsentris ei vaadelda aine struktuuri küsimusi. Kujutlus aine koostise muutumisest, või ümberpöördult — aine jäävusest mitmesugustes nähtustes, antakse õpilastele tüüpiliste katsete abil. Näidates mingisuguseid lihtsaid keemia katseid, näiteks paberitükikese põletamist ja tsingi ning happe reaktsiooni vesiniku eraldumisega (vesinik süüdata!), tuleb koondada tähelepanu sellele, et neis nähtustes toimub aine koostise muutumine. Väga kasulik on muuseas katse, mis näitab füüsiliste omaduste muutumist raua ja väävli keemilisel ühinemisel (joon. 121). Edasi näi-

[1] See küsimus tuleb püstitada mitte põhimõttelistel kaalutlustel, vaid seepärast, et seitsmeklassilises koolis õpitakse keemiat.

datakse niisuguseid füüsika katseid, milledest ilmneb täielikult, et nähtuse tulemusena ei toimu ainega mingeid keemilisi muundusi. Seades endale selle ülesande, tuleb samaaegselt lahendada ka teine, nimelt — näidata rida katseid füüsika mitmelt alalt, s. o. mehaanikast, soojusest, elektrist, akustikast ja optikast, selleks et anda mõistet füüsikaliste nähtuste kõikidest tüüpilistest liikidest. Iga katse peab olema võimalikult lihtne ning jõukohane õpilastele, peale selle aga ka iseloomulik füüsika vastavale osale. Tuleb näidata, et füüsika uurib kehade liikumist, aga ka soojuse-, elektri-, hääle- ja valgusenähtusi (vt. II k., § 25).

Seega saavad õpilased füüsika ja keemia piiritlemisel konkreetse kujutluse loodusnähtuste alast, mida uurib füüsika, samuti tema põhimeetodist (katselisest).

Ei tule piirduda ainult katsete näitamisega; peale nende tuleb tingimata tuua rida näiteid füüsikalistest ja keemilistest nähtustest, mis on õpilastele hästi tuntud nende igapäevasest elust. Katseid aga tuleb näidata küllaldaselt ja nad peavad olema ilmekad.

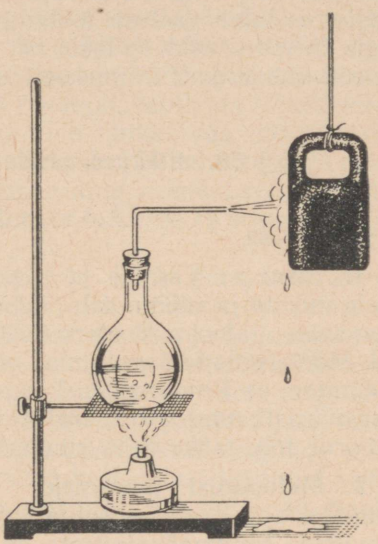
4. Füüsiliste kehade ja füüsikaliste nähtuste mõisted. Nii demonstratsioonide kui ka näidete vaatlusel juhitakse õpilaste tähelepanu sellele, et kõigist nähtustest võtavad tingimata osa ühed või teised kehad. Selle tõsiasja põhjal võetakse kasutusele füüsiliste kehade ja füüsikaliste nähtuste mõiste. Ei ole vaja ja oleks ebaõigegi taotella õpilastelt kohe pärast esimest füüsika tundi mingite formaalsete fraaside meelespidamist, näiteks: „Füüsiliseks kehaks nimetatakse füüsikas iga eset, mis mõjub meie meelte organeile". Sellised fraasid on 6. klassi õpilastele vähe arusaadavad oma abstraktsuse tõttu. Võib rahule jääda, kui vastuseks küsimusele: „Mis on füüsiline keha?" õpilane toob füüsiliste kehade ja sealjuures mitte ainult tahkete kehade ja vedelike, vaid ka gaaside näiteid. Füüsilise keha mõistega tutvumisel tuleb selgitada, mis on aine. Seejuures erinevus „keha" ja „aine" mõiste vahel tehakse jällegi kindlaks rea näidete (puuhalg — mänd, kolb — klaas, küünal — parafiin jms.) varal. Definitsiooni, et „aine on see, millest koosnevad kehad", ainult selgitatakse, kuid ei anta kohustuslikuks päheõppimiseks. Täpselt samuti pole vajadust püüda meeles pidada füüsikaliste nähtuste „kui füüsiliste kehadega toimuvate muutuste" definitsiooni. Õpetaja võib lugeda oma ülesande täidetuks, kui õpilane oskab tuua füüsikaliste nähtuste näiteid. Mida arvukamad ja lihtsamad ehk tavalisemad on need näited, seda lähemal on õpilane „nähtuse" mõistest arusaamisele.

Kõigest öeldust ei järgne aga sugugi, et siin ja edaspidigi tuleb loobuda mõistete täpsest defineerimisest. Mõistete kujunemise käik on keerukas ja pikaajaline. Mõiste võib tekkida ainult järk-järgult, arvukate vaatluste ja vastandamiste tulemusena, mitte aga ainult mõne lause või tõsiasja põhjal. Seepärast tuleb mõistete kujundamist ja nende defineerimist alustada faktide vaatlemisega, taotelles esijoones faktidest arusaamist, mida polegi alati võimalik sõnadega

täpselt väljendada, ja siis juba taotella täpsete definitsioonide omandamist (§ 8, 2).

„Keha", „aine" ja „nähtuse" definitsiooni täpset sõnastamist tuleb nõuda õpilastelt edaspidi, umbes „Mõõtmiste" osa läbivõtmise lõpuks.

5. Kehade agregaatolekute mõiste. Kui võetakse kasutusele füüsilise keha mõiste, siis tekib vajadus näidata, et kehad võivad esineda kolmes erinevas olekus: tahkes, vedelas ja gaasilises, ja teatavates tingimustes üle minna ühest olekust teise. Sellise nähtuse demonstreerimise klassikaliseks katseks on jää sulatamine, tekkinud vee soojendamine keemiseni ja auru saamine. Peale selle näidatakse vastupidist protsessi ainult selles osas, kus aur jahtumisel muutub uuesti veeks (joon. 122). Mingisuguseid formaalseid definitsioone tahke keha, vedeliku ja gaasi omadustest ei anta; neist olekuist on õpilastel elust saadud kujutlusi, millega võib rahulduda füüsika õppimise selles staadiumis. „Tahke keha", „vedeliku" ja „gaasi" mõiste definitsioonid antakse edaspidi, kehade mehaaniliste omaduste õppimisel.



Joon. 122. Katse vedeliku muutumisest auruks ja auru muutumisest vedelikuks.

6. Füüsika tähtsus tehnikale, tööstusele ja sõjaasjandusele. Teema „Sissejuhatus• füüsika õppimisele" lõpposas tuleb tingimata rea küllalt eredate näidete varal selgitada füüsika tähtsust tehnikale, tööstusele ja sõjaasjandusele, millega kaasnevad vastavate näitlike õppevahendite demonstratsioonid. Vähe sellest — tuleb rõhutada füüsika kui teaduse erilist tähtsust ja tema kasutamist meie sotsialismimaal, kus töötajad on ise oma elu peremehed. Peale füüsika puhtpraktilist kasutamist ei tohi valgustamata jätta füüsika tähtsust looduse tundmaõppimisel ja maailma tunnetamisel ning füüsika tähtsust maailmavaate kujundamisel.

7. Näitlikud vahendid. Jutustades füüsika tähtsusest tehnikale, sõjaasjandusele jms. demonstreeritakse seinapilte. Need tuleb riputada klassi, selleks et õpilased saaksid põhjalikumalt tutvuda nende sisuga vahetundide ajal. Näitlikest õppevahenditest on selleks otstarbeks sobivad tabelid: elektrienergia jaotamine (joon. 38), hüdroelektrijaam (joon. 36), aurumasina ja sisepõlemismootori väline kuju (joon. 20 ja 22) jms. Peale selle on soovitav valmistada kaks kuni

kolm montaaž-tabelit teemadele: transpordi liigid (joon. 3), masinad sõjaasjanduses, põllutöömasinad, masinad tööstuses jms., selleks et õpilastele näidata masinate kasutamist tehnika mitmesugustes harudes (§ 19, 3). On soovitav demonstreerida kas või mõnigi diapositiiv samast küsimusest, mida on täiesti võimalik teha klassivälistel töödel.

8. **Kodused ülesanded.** Õpilastele tuleb üles anda kirjutada vihikusse mõned näited füüsilistest kehadest ja ainetest, millest need kehad koosnevad. Peale selle tuleb neile üles anda ette valmistada vastuseid küsimustele: missuguseid füüsikalisi ja keemilisi nähtusi nad täheldavad toidu valmistamisel, teelauas, teel koolist koju jms. Seejuures tuleb vastuse leidmine igale küsimusele üles anda mitte kogu klassile, vaid õpilaste eri rühmadele, nii et saadud vastused oleksid võimalikult mitmekesised.

§ 58. Pikkuse, pindala ja ruumala mõõtmine.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 25 ja 61—62.

1. **Sisu:** a) Vaatlus ja katse kui füüsika põhimeetodid. Mõõtmiste mõiste ja mõõtmiste tähtsus teaduses. b) Andmeid mõõtude arenemise ajaloost. Meetermõõdustik. c) Pikkusemõõdud. Mõõteriistad. Mõõteriistade kasutamise juhised. d) Laboratoorne töö: pikkuse mõõtmine. e) Pinnamõõdud ja pindala mõõtmine. Ruumimõõdud ja korrapäraste ning korrapäratute kehade ruumala mõõtmine. f) Laboratoorne töö: tahke keha ruumala ja anuma mahutavuse mõõtmine.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Füüsika põhisuuruste — pikkuse, ruumala, aja, kaalu — selge kujutluseta ja nende lihtsamate mõõtmisviiside tundmaõppimiseta on füüsika edasine õppimine mõeldamatu. Selle ja järgneva teema läbivõtmise tulemusena peab saavutatama: 1) Meetermõõdustiku selge teadmine ja oskus sooritada mõõtudega igat liiki arvutusi, nii mõõtude ülestamist kui ka nende peenestamist. 2) Tegelik tutvumine pikkuse, pindala, ruumala ja kaalu lihtsamate mõõtmiste meetoditega. 3) Mõõteriistade käsitsemise ja nende kasutamise reeglite tundmaõppimine pikkuse, pindala, ruumala ja kaalu mõõtmiseks.

Loogiliseks üleminekuks füüsika aine sisu tundmaõppimiselt mõõtmiste küsimusele on katselise teaduse põhimeetodite — vaatluse ja katse käsitlemine. Siit järeldub ka üleminek mõõtmiste tähtsuse selgitamisele teaduslikel uurimistel ja edasi lihtsamate füüsikaliste mõõtmiste konkreetsele tundmaõppimisele.

3. **Vaatlus ja katse.** Vaatluse ja katse kui füüsika põhimeetodi ja nende tähtsuse küsimust teaduslikes uurimistes selgitatakse näidete abil. Edasi antakse kujutlus mitmesuguste füüsikaliste suuruste olemasolust ja võetakse kasutusele mõõtmise mõiste kui mõõdetava suuruse võrdlemine teisega, mis on leppeliselt võetud ühikuks.

Seejuures tuleb näidata klassitahvlil kahe märgi vahelise kauguse mõõtmist mingi joonlauaga ja keha kaalumist, valides aegsasti selle kaalu nii, et ta väljenduks ühesuguste vihtide või esemete (näiteks metallkuulikeste) täisarvu abil (vt. II k., § 25). Sellistel mõõtmistel võetakse joonlaua pikkus ja ühe eseme kaal pikkuse ja kaalu leppeühikuks. Enne üleminekut meetermõõdustiku tundmaõppimisele tuleb mainida aja mõõtmist, nimetades, et aja mõõtmise ühikuks füüsikas on võetud 1 sekund. Tuleb näidata ka ühikute nimetuste kirjapanekuid: sek, min ja tund.

4. Meetermõõdusüsteem. Meetermõõtude ja nendega tehete (ülestamise ja peenestamise) tundmaõppimine algab juba algkooli esimestest klassidest ja seepärast peavad need küsimused olema hästi tuttavad 6-nda klassi õpilastele. Kuid füüsika õpetaja peab kontrollima, kuivõrd kindlad on need teadmised ja ebasoodsa tulemuse korral, tõmmates abiks matemaatika õpetajat, taotlema täiesti kindlaid teadmisi sel alal. Ettevalmistuse võib tunnustada rahuldavaks, kui õpilased teavad pikkuse, pindala, ruumala ja kaalu mõõte ja peale selle valdavad hästi mõõtude ülestamise ning peenestamise arvutamist, samuti vahekordi pikkuse ja pindala, pikkuse ja ruumala mõõtude vahel.

Meetrisüsteemi tähtsust saab selgitada alles pärast ekskurssi mõõtude arenemise ajalukku. Eelkõige tuleb näidata õpilastele, et kaubanduslike suhete arenemine üksikutes maades ja hiljem rahvusvahelises ulatuses näitas, kui tülikas on kasutada mitmesuguseid rohkearvulisi ja seejuures meelevaldseid mõõte (arssin, jalg, küünar, toise (loe: tuaaz), vene nael, inglise nael jms.). Edasi, tuues näitena inglise või vana vene mõõdusüsteemi, tuleb selgitada mõõtude ülestamise ja peenestamise äärmist keerulisust kehtinud vahekordades: 1 jalg = 12 tolli; 1 toll = 10 liini; 1 puud = 40 naela; 1 nael = 96 solotnikku jne.

Seejärel võib julgesti rääkida meetrisüsteemi kui rahvusvahelise süsteemi tähtsusest ka „kõikidele aegadele, kõikidele rahvastele", eriti rõhutades tema hõlpsust selle tõttu, et mõõtude suhe selles süsteemis võrdub või on kordne 10-ga.

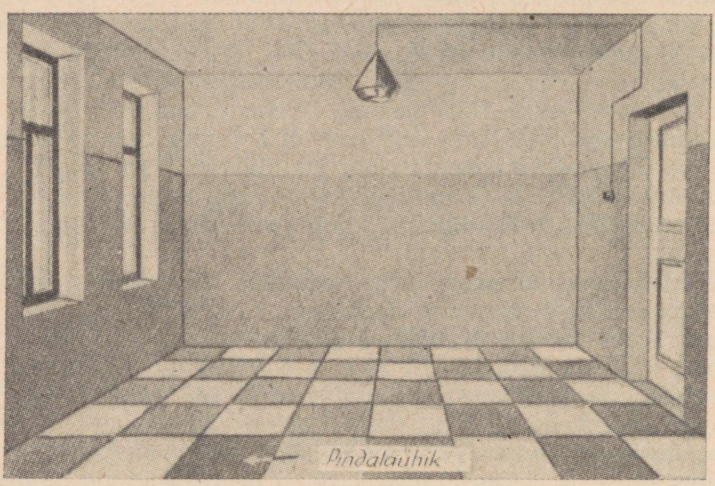
Meetri ja kilogrammi põhiühikud määratakse kindlaks nende etaloonide kaudu. Etaloonid fikseeritakse kui algmõõdud, mida hoitakse alal Rahvusvahelises Kaalude ja Mõõtude Büroos ja millede koopiad leiduvad meil NSV Liidus Üleliidulises Metroloogia Teadusliku Uurimise Instituudis Leningradis ja mõnedes teistes riikides. Õpilasi lastakse pidada meeles, et meeter on algmeetrile tõmmatud kahe kriipsu vaheline kaugus. Ühtlasi tuleb märkida, et meeter vastab üsna suure täpsusega 0,000001-le maa veerandmeridiaani pikkusest [1], kuigi see vahekord on ainult ajaloolise tähtsusega. Meetrist tuletatud ühikute kasutuselevõtmine ei tekita raskusi. Erilist tähelepanu omistatakse mõõtude nimetuste õigele kirjapanemisele, vastavalt üleliidulisele standardile.

[1] 0,08 mm võrra väiksem.

Jutustades meetrisüsteemist, peab õpetaja selgitama, et mõõtude kindlaksmääramise komisjoni tegevus ja Prantsuse revolutsiooni ajal ettevõetud kolossaalsed mõõtmistööd on huvitavaimaks lehekülgeks teaduse ajaloost ja on sellest tööst osa võtnud teadlaste (Arago, Delambre'i) ennastsalgava töö näiteiks.

Lõpuks tuleb märkida, et meetermõõdusüsteemi tarvituselevõtmine meie maal oli Nõukogude võimu üks esimesi üritusi (14. septembril 1918. a.).

5. Pikkuste mõõtmine. Õpilastele näidatakse kõige lihtsamaid pikkuste mõõtmise riistu: mõõtejoonlaud, kolmekandiline joonesta-



Joon. 123. Joonis, mis on kasulik pindalade mõõtmise käsitlemisel.

mise joonlaud, lukussepa metalljoonlaud ja mõõtelindid — teraslint ja riidelint.

On oluline juhtida õpilaste tähelepanu sellele, et igal mõõtmisel on välditamatu teatav v i g a; seejuures tuleb õpetada neid määrama mõõtmisel tekkiva vea suurust. Erilisele vaatlusele kuuluvad vead, mis on põhjustatud riistade kasutamise oskamatusest. Korraldades vastavaid demonstratsioone ja kasutades paksu joonlauda (demonstratsiooni- või kaubanduses tarvitatavat meetrit), selgitatakse esijoones viga, mis sõltub parallaksist, ja ka teisi vigade liike. Ühtlasi sõnastatakse joonlauaga mõõtmiste reeglid.

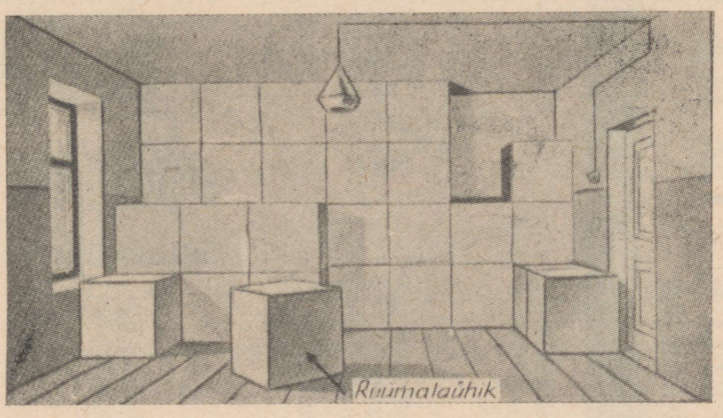
Lõpuks tuleb mainida lisavahendite kasutamist pikkuste mõõtmistel (nurgikud kuulikese läbimõõdu ja pliiatsi pikkuse mõõtmisel), aga ka väikeste jämeduste mõõtmist hulga ühesuguste esemete korral (traadi läbimõõt, paberi paksus).

Laboratoorne töö pikkuste mõõtmises on vaadeldava õppetunni tähtsamaks osaks. Töö eesmärgiks on omandada õigeid võtteid

mõõtejoonlauaga mõõtmisel, täites tingimata ning täpselt mõõtmisreegleid (vt. 8. jagu).

6. Pindalade mõõtmine. Pindalade mõõtmise küsimus ei saa võtta palju aega, kuna siin on tegu õpilastele juba tuntud reegli meenutamisega, et ristküliku pindala võrdub pikkuse ja laiuse korrutisega, ja ruutmõõtude, samuti ka nende ülestamise ja peenestamise ning nende ja pikkusmõõtude vahekorra kordamisega. Peale selle on oluline pöörata tähelepanu ruutmõõtude nimetuste õigele tundmisele õpilaste poolt, võttes tarvitusele tähised kujul: m^2, cm^2 jms. (joon. 123).

Harjutusena on kasulik anda õpilastele leida nende poolt kasutatavate tubade pindalad ja maakooli tingimustes — mingisuguste pindalade (hektaari, aari) leidmist maastikul. Teistest konkreetsetest ülesannetest pindalade leidmiseks vt. 10. jagu.



Joon. 124. Joonis, mis aitab õigesti kujutella ruumala mõõtmist.

7. Ruumalade mõõtmine. Ruumalaühikud peaksid olema üldiselt õpilastele hästi tuntud. Kuid küsimust nii mõõtühikutest kui ka tehetest nendega tuleb siiski korrata ja samuti näidata kuupmõõtude nimetuste kirjapanemist lühendatud kujul: m^3, cm^3 jms. Praktika näitab, et õpilastel on palju kergem meeles pidada kuupmõõtude vahekordi mitte arvude kujul ($1\ m^3 = 1\,000\,000\ cm^3$, $1\ l = 1000\ cm^3$ jms.), vaid teostamata tehete vormis ($1\ m^3 = 100\ cm \times 100\ cm \times 100\ cm$, $1\ l = 1\ dm^3 = 10\ cm \times 10\ cm \times 10\ cm$). Seepärast soovitatakse nõuda õpilastelt defineerida kuupmeetrit kui kuupi, mille iga serv võrdub 100 *cm*-ga ja seepärast kuupmeetri ruumala kuupsentimeetrites võrdub $100\ cm \times 100\ cm \times 100\ cm$ korrutisega. Märkimisväärset abi ruumalade mõõtmise tundmaõppimisel, nagu näitab praktika, osutab joonise demonstreerimine, mis on sarnane joonisel 124 näidatuga. Kuupmõõtude (sealhulgas liitri) täpne teadmine ja oskus teheteks nendega moodustavad kõige vajalikuma tingimuse erikaalu edukaks tundmaõppimiseks. Eriti tuleb rõhutada

MÕÕTUDE TABEL

PIKKUSEMÕÕDUD

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

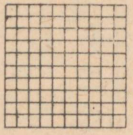
Meeter

1 meeter (m) = 10 detsimeetrit (dm)
1 detsimeeter (dm) = 10 sentimeetrit (cm)
1 sentimeeter (cm) = 10 millimeetrit (mm)

1 meeter (m) = 100 sentimeetrit (cm)
1 meeter (m) = 1000 millimeetrit (mm)

1 kilomeeter (km) = 1000 meetrit (m)

PINDALAMÕÕDUD



1 ruutmeeter (m^2) = 100 ruutdetsimeetrit (dm^2)
1 ruutmeeter (m^2) = 10000 ruutsentimeetrit (cm^2)
1 ruutdetsimeeter (dm^2) = 100 ruutsentimeetrit (cm^2)

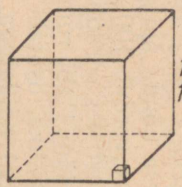
1 ruutkilomeeter (km^2) = 100 hektaari (ha)
1 hektaar (ha) = 100 aari (a)
1 aar (a) = 100 ruutmeetrit (m^2)

RASKUSMÕÕDUD



1 kilogramm (kG) = 1000 grammi (G)
1 tsentner (T_s) = 100 kilogrammi (kG)
1 tonn (T) = 1000 kilogrammi (kG)

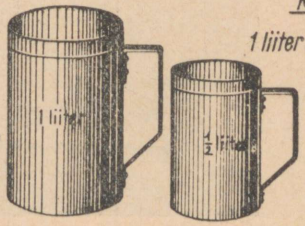
RUUMALAMÕÕDUD



1 kuupmeeter (m^3) = 1000 kuupdetsimeetrit (dm^3)
1 kuupdetsimeeter (dm^3) = 1000 kuupsentimeetrit (cm^3)

MAHUMÕÕDUD

1 liiter (l) = 1 kuupdetsimeeter (dm^3)



Joon. 125. Seinapilt „Meetermõõdusüsteem".

kuupmeetri, kuupdetsimeetri ja kuupsentimeetri suuruse reaalse kujutluse tähtsust.

Risttahuka ja muuseas kuubi ruumala leidmist õpilased tunnevad, kuid siiski tuleb neile seda meenutada. Pärast seda minnakse üle tutvumisele korrapäratu kujuga kehade ruumalade mõõtmise viisidega. Mensuuri ja ülevooluanuma ehituse tundmaõppimine, millega kaasneb vastav demonstratsioon, on sissejuhatuseks laboratoorsele tööle. Jutustades mensuurist, tuleb seejuures teatada õpilastele mensuuri näidu lugemise ja tema käsitsemise reegleid, mis on toodud II k., § 62. Laboratoorse töö temaatikast, metoodikast ja tehnikast vt. 8. jagu ja II k., § 62.

8. Laboratoorsed tööd. Mõõtmiste tundmaõppimine ilma õpilastele vastavate oskuste andmiseta, s. o. laboratoorsete tööde sooritamiseta on täiesti võimatu. Käesoleva teema kohta tuleb korraldada kaks laboratoorset tööd: üks pikkuste mõõtmise ja teine korrapäratu kujuga kehade ruumalade mõõtmise kohta.

Kõige otstarbekamad on puuklotsi pikkuse, laiuse ja kõrguse mõõtmised ühes ruumala arvutamisega, samuti ringjoone pikkuse ja läbimõõdu suhte leidmine. Kui aeg võimaldab, siis on soovitav anda mõõta väikesi paksusi. Tahke keha ruumala mõõdetakse nii mensuuriga üksi kui ka ülevooluanuma abil. Samuti on vajalik, et õpilased õpiksid mõõtma anumate mahtu. Töötamisel tuleb tingimata nõuda mõõtmisreeglite täitmist. Üksikasjalisi juhendeid tööde temaatika, metoodika ja tehnika kohta vt. II k., § 62.

9. Näitlikud vahendid. Peale üldtuntud pildi „Meetermõõdusüsteem" (joon. 125) on oluline näidata eelkõige kuupdetsimeetrit, mille tahud on jaotatud ruutsentimeetriteks. Veel kasulikum on selletaoline kuup, mis on kas või osaliseltki lahtivõetav ühe kuupsentimeetrilise ruumalaga kuubikesteks. Liitrit demonstreeritakse kahel kujul — kuubina ja standardkruusina. Peale selle on kasulik näidata standardpudeleid ja klaaskonservipurke mahutavusega 1 *l* ja $^1/_2$ *l*. Väga soovitav on demonstreerida pulkadest koostatud kuupmeetri mudelit, mis nurkades on kinnitatud suurte kartulite, peetide või kaalikatega (joon. 126).

10. Kodused ülesanded. Eriti suure tähtsusega on käesolevas teemas õpilaste kodused praktilist laadi ülesanded.

Õpilaste kodused tööd tuleb tervikuna ära kasutada nende kujutluste arendamiseks meetri, detsimeetri ja sentimeetri tõelistest mõõdetest. Praktika näitab, et kõige otstarbekohasem on lasta valmistada kodus 1 *m* pikkune detsimeetrijaotustega mõõtelint (paberist). Esimene detsimeeter peab olema jaotatud sentimeetriteks ja esimene sentimeeter millimeetriteks. Need lindid näidatakse õpetajale ja pärast ühist kontrollimist hea mõõtejoonlaua järgi antakse õpilastele tagasi kasutamiseks. Edasi tuleb anda õpilastele mõõta mingisuguseid esemeid, mis on enam-vähem ühesuguse „standard"-suurusega (laudade ja tooliistmete kõrgused, joogiklaaside, alustasside, grammofoniplaatide jms. läbimõõdud). Lõpuks, andnud õpilastele

mõiste ligikaudsete mõõtmiste tähtsusest, võib teha neile ülesandeks selgitada nende kasvu [1], normaal- ja maksimaalsete sammude, jalalaba ja „vaksa" pikkust.

Korrapäratu kujuga pindalade mõõtmiseks tuleb näidata võtet, kus pindala kantakse ruudulisele paberile ja selle suurus leitakse ruutude loendamise teel. Kuna klassis ei ole aega sellise töö korraldamiseks, siis seda tuleb lasta täita kodus, määrates mitmesuguste



Joon. 126. Kuupmeetri valmistamine traatidest, mis nurkades on kinnitatud kartulitega.

tasapinnaliste esemete, näiteks veeklaasi põhja, puulehe, maateaduse kaardilt kopeeritud mandrite või saarte pindalasid. Samuti on huvitav leida inimese jala toetuspinna suurus, mida läheb edaspidi vaja inimese poolt põrandale või maapinnale osutatava rõhu suuruse leidmiseks. Kõikides ülaltoodud ülesannete variantides joonestatakse pindala kontuurid füüsikavihikusse, s. o. kujundatakse hariliku ülesande vastusena (joon. 80).

Kujutluse konkretiseerimiseks kuupsentimeetri ja kuupdetsimeetri suurusest on kasulik teha õpilastele ülesandeks valmistada kodus paberist või kartongist vastavate mõõdetega kuupe. Kuupsentimeetri võib välja lõigata kartulist (vt. II k., joon. 5, III). Teistest mitme-

[1] On huvitav anda õpilastele leida vahe nende kasvus hommikul ja õhtul.

sugustest võimalikest ja tähtsatest ülesannetest väärivad tähelepanu teeklaasi, ämbri, supitaldriku, supi- ning teelusika mahutavuste kindlakstegemine. Need ülesanded on eriti kasulikud, kui õpetaja ei ütle aegsasti ette nende lahendamise meetodit.

§ 59. Kaalu mõõtmine. Erikaal.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 25 ja 63.

1. **Sisu:** a) Kaalumõõdud. b) Kaalumine ja kaalude ning vihtide käsitsemise reeglid. c) Laboratoorne töö: kaalumine. d) Seos mitmesugustest ainetest kehade kaalu ja ruumala vahel. e) Erikaal ja selle definitsioon. g) Erikaalu tähtsus tehnikas. f) Laboratoorne töö: tahkete kehade ja vedelike erikaalu leidmine.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Vastavalt kehtivale programmile ja § 56 öeldule, võib selle teema käsitlemisel mitte anda mingit kaalu definitsiooni, vaid kasutada seda kujutlust, mida õpilastel on temast oma igapäevase elukogemuste põhjal. Õppimise tulemusena peavad õpilased: kindlalt tundma kaaluühikuid, oskama neid ülestada ja peenestada; saama kujutluse kaalude ehitusest; omandama harjumusi kaalude ning vihtide käsitsemises ja kaalumise käigus. Peale selle on vajalik, et õpilased õpiksid raskusteta arvutama vee kaalu tema ruumala järgi, kasutades kaalu- ja ruumalaühikute omadusi meetersüsteemis.

Kuna aja, pikkuse, ruumala ja kaalu mõisted olid õpilastele tuntud juba enne tegelemist füüsikaga, siis erikaalu mõiste on nendele täiesti uus. Seepärast tuleb erikaalu mõtte selgitamisele pöörata tõsist tähelepanu, kõige parem aidates seda omandada laboratoorsete „uurimistööde" (§ 27, 2) abil ja viies ainult järk-järgult tema definitsioonini (4. jagu). Samuti on väga oluline, et teatmed erikaalust osutuksid õpilastel seotuks reaalsete kujutlustega neist ainetest, milledest on juttu. Seepärast on täiesti vajalik, et õpilased tutvuksid ainete mitmesuguste tunnustega, olles hoidnud neid otseselt käes, mitte ainult olles näinud neid demonstratsioonilaual. Alumiiniumi kergust ja tina raskust hinnatakse ainult siis, kui neid vahetult aistitakse õpilaste poolt (vt. II k., joon. 474).

Peale laboratoorsete tööde kui niisuguste tähtsuse on käesolevale teemale iseloomulik veel ülesannete osa erikaalu teemal, mida lahendatakse mitte nii palju treenimiseks, kui erikaalu mõiste enda ja tema tähtsuse paremaks selgitamiseks tegelikeks otstarveteks.

3. **Kaalu mõõtmine.** Kaalumõõdud on harilikult õpilastele hästi tuntud, kuid neid tuleb korrata. Meetrisüsteemi põhiühikut kilogrammi defineeritakse kui etaloon-vihi kaalu, mida säilitatakse Rahvusvahelises Kaalude ja Mõõtude Büroos.

Õpilaste erilist tähelepanu tuleb juhtida sellele ning panna neid kindlalt omandama, et 1 m^3, 1 dm^3 ja 1 cm^3 4°-list vett kaalub vastavalt 1 *T*, 1 *kG* ja 1 *G*. Seejuures tuleb ära näidata temperatuuri

tingimused (4°), piirdudes lühikese seletusega, et temperatuuril 4° vastava mahutavusega nõudesse mahub kaalu järgi vett kõige enam. Selle nähtuse täielik seletus aga tuleb anda soojuse õppimisel. Mõõtude nimetuste tähised tuleb anda vastavuses ülalkäsitelduga kujul *T*, *kG*, *G* ja *mG*, s. o. jõuühikute vormis.

Kaalude ehituse seletus, millele kaasneb vastav ülesjoonistamine, piirdub sellega, et selgitatakse nende eri osade otstarvet ja ka kaalukausside ülesriputamise ning kaalukangi toetamise viise prismade abil. Selleks soovitatakse kasutada niidi otsa riputatud pulgakest või Bakušinski kangi (vt. II k., joon. 476), tehes selle juurde kaks ülesriputatavat kausikest, ja samuti näidata tehnilisi kaale lahtivõetud kujul (vt. II k., joon. 99). On kasulik jaotada õpilastele apteegikaale, selleks et tundma õppida kaalukangi ja kaalukausside konksude ehitust. Laskumata mingeisse peenustesse, tuleb juhtida õpilaste tähelepanu sellele, et kaalude „õlad" tehakse võrdsetena. Beranger kaale näidatakse ainult väliselt, nende ehitust seletamata. Tutvumisel kaaluvihtidega näidatakse mitmesuguseid vihtide tüüpe: malmist, keraamilisi ja messingist (vt. II k., joon. 100); milligrammivihtide jaoks tehakse nende tüüpilise standardkuju joonised. Kaalumise reeglite käsitlemisel (vt. II k., § **63**), mis on eriti tähtis ettevalmistuseks laboratoorsele tööle, tuleb õpetajal kaalumist demonstreerida.

4. Erikaalu mõiste. Tunnile, milles võetakse kasutusele erikaalu mõiste, on kõige sobivam anda laboratoorse „uurimistöö" laad. Õpetaja, andes õpilastele ülesande kaaluda ühesuguste ruumaladega kehi (vt. II k., joon. 474), mis koosnevad mitmesugustest ainetest (metallidest), kirjutab saadud tulemused klassitahvlile allpooltoodud tabeli kujul. Saadud resultaatide võrdlemine võimaldab viia õpilasi iseseisvale järeldusele, et võrdsetes ruumalades: 1) ühesugusest ainest kehadel on teatav nende jaoks kindel kaal; 2) mitmesugustest ainetest kehade kaalud ei ole ühesugused. Eriti tähtis on juhtida õpilaste tähelepanu esimesele asjaolule, kuna teine on õpilastele enam tuntud ehk õigemini paremini mõistetud igapäevase elu kogemustest. Selle järel antakse õpilastele ülesanne leida kehade ruumala (mensuuriga) ja arvutada teatava aine 1 cm^3 kaal, parem mitmesuguse ruumalaga kehade kohta. Õpetaja üleskirjutustest tekib klassitahvlile järgmine tabel:

Aine	Keha kaal	Keha ruumala	Aine 1 cm^3 kaal
Vask			
Vask			
Alumiinium			
Alumiinium			

Saadud tulemuste tundmaõppimise põhjal võetakse tarvitusele erikaalu mõiste, mida võib defineerida nii:

1 cm^3 aine kaalu grammides nimetatakse tema erikaaluks.

Erikaalu arvutamiseks vajalike aritmeetiliste tehete laad pannakse kirja vahekorra kujul:

$$\text{Erikaal} = \frac{\text{keha kaal}}{\text{ruumala}}.$$

Kohe järgneva erikaalu näitelise arvutamise teel tutvustatakse õpilasi ühiku nimetuse tähisega ja antakse tema kirjapanemise vorm kujul $\frac{G}{cm^3}$, selgitades, et selline vahekord näitab tehet.

Nii näiteks:

$$\text{Erikaal} = \frac{\text{keha kaal}}{\text{ruumala}} = \frac{100\,G}{40\ cm^3} = 2{,}5\,\frac{G}{cm^3}.$$

Võttes abiks vastavaid diagramme (10. jagu, joon. 42 ja 127), õpitakse tundma tehnikas kasutatavate ja õpilastele ka igapäevasest elust tuntud tähtsamate ainete erikaalude suurusi. Lihtsate aritmeetiliste tehetega selgitatakse samuti, et kui ruumala võetakse cm^3-, dm^3- ja m^3-tes, siis erikaal avaldub vastavalt

$$\frac{G}{cm^3},\quad \frac{kG}{dm^3},\quad \frac{T}{m^3}.$$

5. Kaalu ja ruumala arvutamine. Erikaalu järgi kehade kaalu ja ruumala arvutamise reeglite ja samuti vastavate tehete esialgu sõnadega ja siis valemite kujul kirjapanemine ei tekita harilikult raskusi. Kõige otstarbekam on seda teha, andes õpilastele vastavaid ülesandeid ja lähtuda nende lahendamisest õpilaste jõuga, võttes seejärel kasutusele mainitud reeglid. Esialgu seatakse keha kaalu leidmise küsimus ja käsitellakse lõpuni ning siis leitakse ruumala. Keha kaalu ja ruumala arvutamise küsimused on kasulik ühendada erikaalu tähtsuse vaatlemisega tehnikas.

Täheliste sümbolite P, V ja e, samuti ka valemi $e = \frac{P}{V}$ kasutuselevõtmine aga on võimalik sel välditamatumal tingimusel, et seda tehtaks silmapilgul, kui õpilasi on „tüüdanud" ehk õigemini nad on „väsinud" esialgsest kirjapanekust ülesannete lahendamisel (§ 38, 2) kujul:

$$\text{Erikaal} = \frac{\text{kaal}}{\text{ruumala}}.$$

Siis võib neid suunata mõttele lühendatud kirjapanekutest — tervete sõnade asendamisest ühe tähega, millega õpilased on tuttavad elust — NSVL, ÜLKNÜ jms.; pärast seda tuleb võtta lihtsalt kasutusele tähised P, V ja e; edaspidi antakse valemid ka kaalu ja ruumala arvutamiseks. Kui valemeid polnud mingeil kaalutlustel kasutatud, siis seda tuleb teha edaspidi — aasta lõpul kordamisel.

6. Erikaalu tähtsus tehnikas. Erikaalu mõiste suurim tähtsus tehnikas seisab niisuguste kehade kaalu leidmises, mida ei saa kaaludel otseselt kaaluda, kuid millede ruumala on mõõdetav või arvutatav. Sildade, hoonete ja teiste ehituste kaalu arvutamine erikaalu suuruse ja ruumala järgi on tavaline tehniline arvutlus. Tehnikas kasutatakse ka keha aine kindlaksmääramist erikaalu järgi. Kõige huvitavamaks näiteks õpilastele on tavaliselt kuninga krooni materjali (hõbe ja kuld) kindlaksmääramine Arhimedese poolt. Peale selle väärib meenutamist piima erikaalu leidmine otsustamiseks selle üle, kas ta on kooritud või täispiim. Korrapäratu kujuga kehade ruumala leidmist kasutatakse samuti tehnikas, kuigi selliseid arvutlusi esineb võrdlemisi harva.

7. Ajaloolised teatmed. Õpilastele tuleb teatavaks teha, et erikaalu küsimus tekkis esmakordselt vana-kreeka teadlasel Arhimedesel ja ta lahendas selle hiilgavalt.

8. Laboratoorsed tööd. Laboratoorsel tööl kaalumisele tuleb juhtida õpilaste tähelepanu kaalumise reeglite täitmisele (vt. II k., § 63). Soovitatakse kaaluda esialgu mingit võrdlemisi rasket (100—200 *G*), ja siis kerget (papi- või plekitükikest) keha.

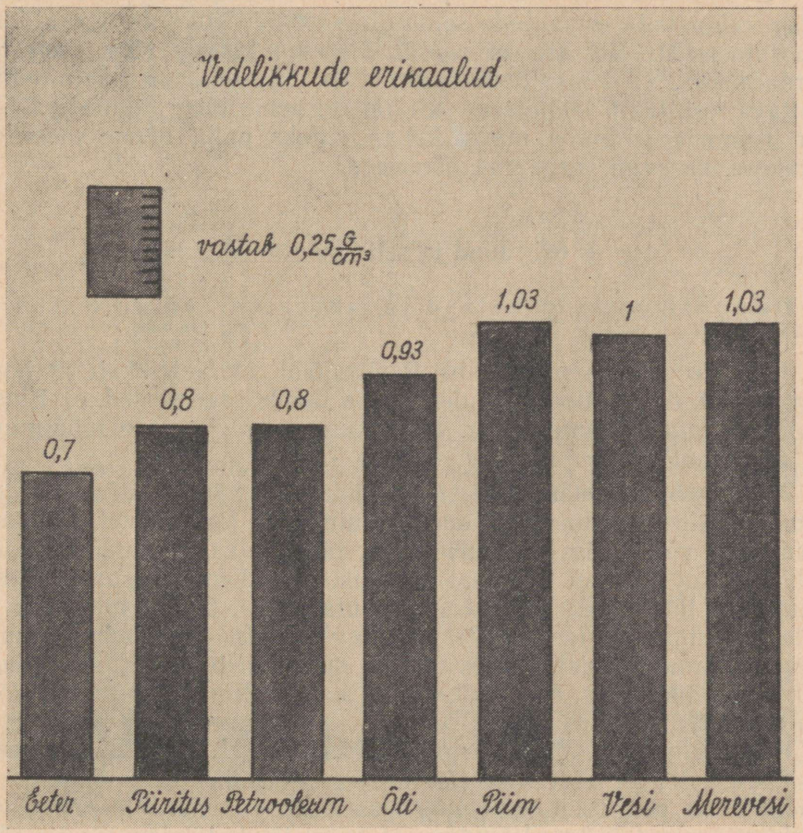
Samuti on kasulik anda ülesandeks leida paljude (väikeste) ühesuguste esemete, näiteks tuletikkude, viljaterade, haavlite jms. keskmine kaal suure hulga sama liiki kehade kaalumise teel.

Erikaalu leidmisel on soovitav peale eespool jaos 3 näidatud töö anda õpilastele määrata vedeliku erikaalu.

9. Ülesanded ja kodused tööd. Õpilastele antakse klassis ja koduseks tööks tingimata selliste andmetega ülesandeid, milledel on reaalne tähtsus tehnikas või igapäevases elus. Nii näiteks kaalu arvutamiseks antakse järgmised objektid: vask- või katuse raudplekktahvel, marmorsammas või -kilp (laud), alumiiniumikänk, masina võll, puulaud (ühest või teisest puidu liigist), malmist köögipliit jms. Pole huvituseta petrooleumi ja õli, jahu ning terade, liiva jms. kaalu arvutused nende mahu järgi. Soovitavate ülesannete hulka ruumala leidmiseks kuuluvad materjalide (liiva, teravilja, telliste) ruumala leidmine, mida laaditakse veoautosse (1,5 *T*, 3 *T* ja 5 *T*) või raudtee vagunisse (16 *T* ja 20 *T*). Igapäevase elu jaoks on tähtsad vedelike (õli, petrooleum) kindlate kaalude jaoks määratud nõude mahu küsimused. Kihi paksuse arvutamise ülesanded aine antud kaalu järgi (liiv teeradadel, tina ning tsingikihi paksus raudtahvlitel) on täiesti jõukohased arvutamiseks, kuna nad sisaldavad lihtsaid aritmeetilisi arvutusi. Valus leiduvate õõnsuste ehk „tühemike" ruumala arvutamise ülesanded metallivalu üld- ja erikaalu järgi aga nõuavad kaunis arenenud taiplikkust ja seepärast lahendatakse mitte kõikide, vaid ainult tugevamate õpilaste poolt. Ülesannete kohta, mis sisaldavad mitu järjestikust arvutust, tuleb nõuda tehteid selgitavate küsimuste kirjutamist. Kontrollimisel tuleb pöörata erilist tähelepanu ühikute kirjapanekute õigsusele. Peale arvutusülesannete tuleb anda koduseks tööks teha vihikutesse

tabeli andmete põhjal üks neist diagrammide tüüpidest, mis on näidatud 10. jaos. Diagrammide valmistamine soodustab ettekujutuse saamist ühesuguse kaaluga ainete erikaalude ja ruumalade suhtelisest suurusest.

10. Näitlikud vahendid. Erikaalu tundmaõppimisel on suurim tähtsus erikaalude suuruste võrdlemiseks koostatud diagrammidel (joon. 42, 43 ja 127). Pole vajadust ehitada diagrammi suure hulga



Joon. 127. Õpilaste valmistatud diagramm.

ainete jaoks; tuleb piirduda andmetega nende kohta, millede rakendus on suurima tähtsusega. Nimetamata ei saa muidugi jätta plaatinat, volframit, kulda kui kõige „raskemaid" aineid, ja alumiiniummagneesiumisulameid (elektron) kui kõige kergemaid metalle.

On otstarbekohane valmistada mõned diagrammid:

1) Vedelikud: bensiin, piiritus, petrooleum, õli, vesi, keedusoola küllastatud vesilahus, väävelhape ja elavhõbe.

2) Tahked kehad erikaaluga alla $1 \frac{G}{cm^3}$: kork, kerge puit (kuusk, pärn, haab, mänd), kask, tamm, jää, vesi.

3) Metallid: alumiinium, duralumiinium, malm, tsink, inglistina, raud, messing, vask, seatina, elavhõbe, volfram, kuld, plaatina.

11. Klassivälised tööd. Äsja organiseeritud füüsikaringis on soovitav valmistada erikaalude seina-diagramme. Kui juba korraldada laboratoorseid töid, siis ei pea nad olema klassis sooritatud töö kordamiseks, vaid sisaldama keerustusi, mis vajavad kaalutlemist otsitava resultaadi leidmiseks. Nii näiteks sobib laboratoorseks tööks õhu ruumala leidmine mingi keha, näiteks palli, õõnsa metallist kerakese, karavini korgi jms. õõnsuses.

§ 60. Jõud ja selle mõõtmine.

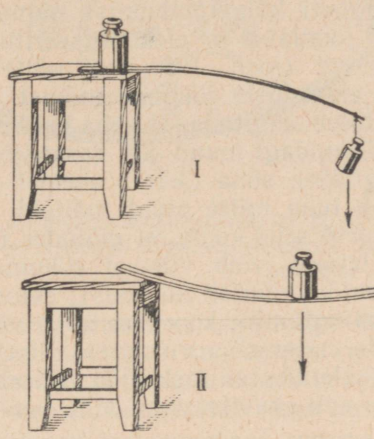
Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 26 ja 64.

1. Sisu: a) Jõu mõiste. b) Raskusjõud. c) Vertikaal- ja horisontaalsiht. d) Püstlood, vaaderpass ja nende rakendused. e) Elastsusjõud. Vedrudünamomeeter. f) Mitmesuguste jõudude mõõtmine. g) Jõu graafiline kujutamine.

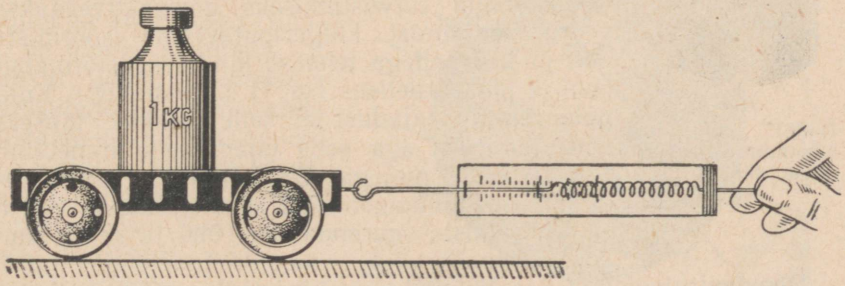
2. Metoodilisi märkmeid. Kuna jõud on põhjus, mis muudab liikumise kiiruse suunda või suurust, siis saab jõu mõistet täielikult kasutusele võtta alles liikumise, s. o. mehaanika tundmaõppimisel. Tahke keha, vedeliku ja gaasi omaduste vaatlemisel osutub täiesti võimatuks läbi saada jõu mõiste kasutamiseta. Seega tuleb jõu ja selle mõõtmise viiside mõiste kasutusele võtta enne kehade omaduste tundmaõppimist, teades ette, et seda läheb korda teha ainult esimeses lähenduses. Edaspidi, inertsiseaduse tundmaõppimisel võib jõu mõistet pisut täpsustada.

Kuna kehade omaduste järgneval käsitlemisel on põhiküsimuseks raskusrõhk sellest tulenevate järeldustega, siis piirdub jõudude tundmaõppimine peamiselt raskusjõu vaatlemisega. Kuid teema käsitlemisest peavad õpilased teadma, et kuigi jõudude olemus võib olla erinev, võib iga jõudu sellegipärast mõõta dünomomeetriga ja võrrelda kaaluga. Nad peavad kindlalt omandama, et jõudu iseloomustatakse mitte ainult teatava suurusega, vaid ka mõjumise suunaga, samuti ka rakenduspunktiga. Peale selle on vajalik, et õpilased oskaksid kujutada jõudusid graafiliselt. Lõpuks tuleb ühenduses raskusjõu vaatlemisega täpsustada horisontaal- ja vertikaalsihi küsimust ning selgitada nende sihtide kindlaksmääramise tähtsust. Dünamomeetri abil jõu mõõtmise ja püstloe kasutamise oskuse omandamist tuleb lugeda kohustuslikuks.

3. Jõu mõiste. Jõu mõiste tuleb kasutusele võtta toetudes õpilaste igapäevasest elust saadud kujutlustele. Tõsiasju, mida tunnevad õpilased ja millede põhjal võib kasutusele võtta jõu mõiste, on kahte liiki: ühelt poolt teavad õpilased oma igapäevastest kogemustest, et keha painutamiseks, kokkusurumiseks, venitamiseks (s. o. tema deformeerimiseks) või tema purustamiseks tuleb mõjuda jõuga; teiselt poolt on õpilastele hästi teada, et keha liikumapanemiseks (visata kivi, vedada kelku või vankrikest, nihutada paigast kappi jms.) või ümberpöördult — liikuva keha pidurdamiseks (peatada õõtsuvat kiiget, veerevat jalgpalli) tuleb mõjuda jõuga.



Joon. 128, I ja II. Raskusjõu poolt tekitatud painete demonstreerimine.



Joon. 129. Tõmbejõu mõõtmine dünamomeetri abil.

Selletaoliste näidete läbiarutamisel võib kindlaks teha tunnused, millede järgi võib otsustada jõu olemasolu üle. Sellisteks tunnusteks on: keha kuju muutumine või keha purunemine; liikumise tekkimine; „liikumise lakkamine". Pole vajadust anda jõu mõiste täpset definitsiooni; tähtsam on, et õpilased suudaksid tuua mitmesuguseid näiteid jõu mõju esinemisest.

Teinud kindlaks jõu mõjumise tunnused, tuleb tutvustada õpilasi mitmesuguste jõu liikidega. Õpilased, lähtudes oma igapäevasest elust saadud kujutlustest, mõistavad oskussõnaga „jõud" peamiselt oma lihaste jõudu. Neil ei ole raske arvata mingi jõuallika (hobune, vedur, traktor jms.) tekitatud tõmmet jõudude kategooriasse. Näidates mingit üleskeeratavat mänguasja (joon. 30) ja palli, tuleb kasutusele võtta elastsusjõu mõiste. Pole kasuta demonstreerida ka raua ja magneti külgetõmbumist, samuti tasakaalustatud joonlaua ja elektrifitseeritud pulga külgetõmbumist (joon. 109) kui näiteid magnetiliste ja elektriliste jõudude mõjust.



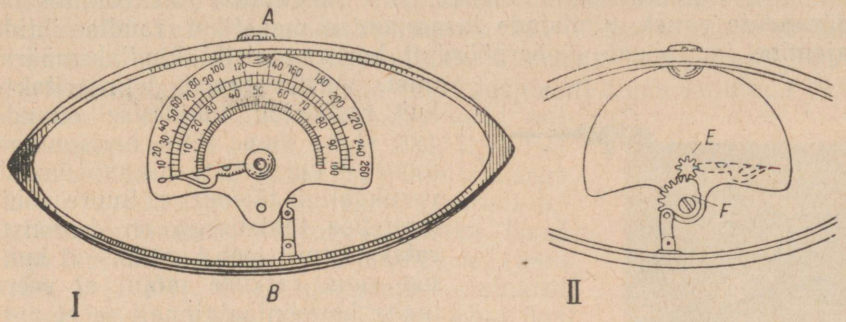
Joon. 130. Jõu mõõtmine meditsiinilise dünamomeetriga.

Lõpuks tuleb selgitada, et keha kaal ehk tema raskus ei ole midagi muud kui raskusjõud. Seepärast räägitakse sõna „kaal" asemel „raskusjõud". Tuleb tuua mitte ainult näiteid, vaid ka näidata katseid selle kohta, et mõjudes ühe keha raskusega teisele, võib viimast liikuma panna (vankrike, mida nihutab koormis), deformeerida (joonlaua painutamine koormise abil) või purustada (rabeda materjali purukspressimine). Tingimata tuleb seletada, et raskusjõu tekitab kehade külgetõmme ehk gravitatsioon Maa poole.

4. Jõu suurus. Igapäevastest kogemustest on õpilastel hästi teada, et jõud võivad erineda oma suuruselt. Järelikult pole vajadust jõu suuruse definitsiooniks, vaid tuleb vahetult üle minna jõu mõõtmisele dünamomeetri abil, kaalu jaoks kindlaks määratud ühikutes. Dünamomeetri töötamise printsiibi tutvustamiseks demonstreeritakse vedru venitamist külgeriputatavate koormiste abil ja just sellega tehakse kindlaks deformatsiooni ja jõu võrdelisus (vt. II k., joon. 162). Kuid pole mingit vajadust ei selle seaduse täpseks sõnastamiseks ega seda enam selle nimetamiseks Hooke'i nimega. On küllaldane selgitada, et jaotused dünamomeetri skaalal tulevad võrdsed koormuste suurendamisel ühe ja sama suuruse võrra.

Demonstratsioonist kasulikumaks on küsimuse tundmaõppimine laboratoorse tööga „dünamomeetri kaliibrimine", milleks kasutatakse Bakušinski dünamomeetrit (vt. II k., joon. 480) vastavalt II k., § 64 antud kirjeldusele. Pärast dünamomeetri töötamise printsiibi ja tema kaliibrimise selgitamist näidatakse tema kasutamist jõudude mõõtmiseks, milleks tõmmatakse dünamomeetrit käega ja sõidutatakse vankrikest (joon. 129). Peale Bakušinski dünamomeetri tuleb õpilasi tutvustada demonstratsioon-dünamomeetri, kooli dünamomeetri ja meditsiinilise dünamomeetri (joon. 130 ja 131) ehituse ja töötamisega. Jõuühikute kohta tuleb nimetada, et nendeks

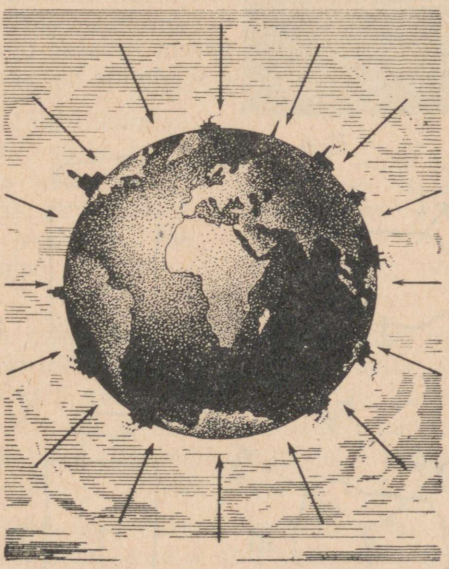
kasutatakse samu kaaluühikuid ja nende nimetusi pannakse kirja samal viisil, s. o. näiteks G ja kG.



Joon. 131. Meditsiiniline dünamomeeter (I) ja selle ehitus (II). Rõhumisel vedrudele AB hammassektor F paneb pöörduma hammasratta E, mis on ühendatud osutiga.

Mitte ainult huvitav, vaid väga kasulik on tutvustada õpilasi jõudude (normaalsete) suurustega, mida võib saada eri juhtudel, näiteks inimese, hobuse, traktori, veduri jms. tõmbejõud. Seda näidatakse aegsasti valmistatud diagrammi abil.

5. Raskusjõu suund. Jõu suuna, samuti ka selle suuruse vaatlemisel ei teki raskusi. Ei ole raske real näidetel kindlaks teha, et jõud võivad erineda oma mõjumise suundadelt. Edasi on tähtis selgitada, et lihaste jõule, jõumasina tõmbejõule jt. võib anda mistahes suuna, raskusjõul aga on oma rangelt kindel suund, nimelt Maa keskpunkti poole. Suurt kasu toob harilikult pildi demonstreerimine, mis on sarnane joonisel 132 näidatuga.

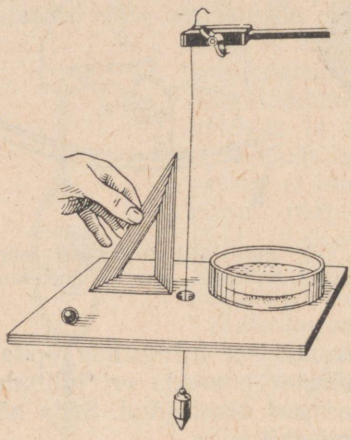


Joon. 132. Pildike, mis on kasulik raskusjõu suuna selgitamisel Maa peal.

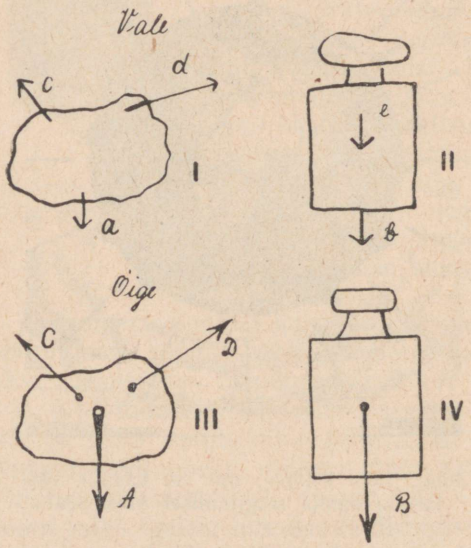
Jõu rakenduspunkti mõiste antakse rea lihtsate näidete varal (ühendushaak, esemele käega mõjumise koht jms.).

Raskusjõu suuna küsimusele osutatakse erilist tähelepanu, kuna vertikaal- ja horisontaalsihi leidmine on väga suure tähtsusega ehi-

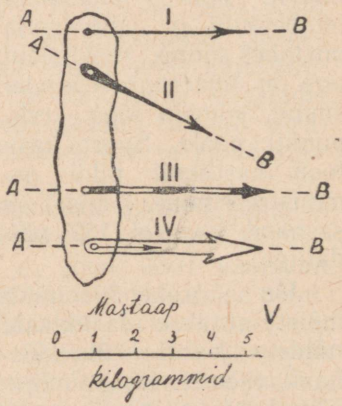
tus- ja ka laboratoorses tehnikas (vt. II k., joon. 157). Õpilastele tuleb teatavaks teha, et vabriku korstnate püstitamine, seinte ladumine on võimatu nende vertikaalsuse aegajalise kontrollimiseta; põrandate panek, pindalade tasandamine maastikul, raudteesihtide ajamine jm. nõuab ümberpöördult horisontaalsihi kindlaksmääramist. Vertikaaljoont defineeritakse kui raskusjõu mõjumise suunda (vt. II k., joon. 156), horisontaaljoont — kui sirget, mis moodustab vertikaaliga täisnurga. Suure põhimõttelise tähtsusega on demonstratsioon, mis teeb kindlaks, et kuulike oma raskuse mõjul ei veere maha horisontaalpinnalt ja et veepind on horisontaalne (joon. 133). Edasi demonstreeritakse püstloodi, puusepa vaaderpassi ning vesiloodi mudeleid, seletades nende töötamist ja näidates ka nende abil mingite objektide ülesseadmist vertikaal- ja horisontaalsihis. Kui on aega, siis osutub väga kasulikuks laboratoorne töö Bakušinski järgi (vt. II k., joon. 159) — statiivi varda või parem liivasse pistetud kepikese seadmine vertikaalselt ja lauakese seadmine horisontaaltasapinda.



Joon. 133. Vertikaal- ja horisontaalsihi demonstreerimine.

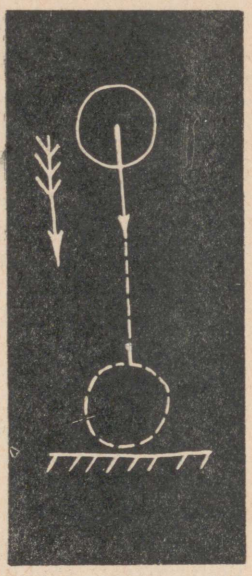


Joon. 134. Kehale rakendatud jõudude õige ja väär kujutamine.



Joon. 135. Mitmesugused jõu kujutamise viisid.

6. Jõu graafiline kujutamine. Õpetada jõu graafilist kujutamist on kohustuslik, kuna mehaanika kursuse edasisel õppimisel on need teadmised tarvilikud. Õpilastele näidatakse jõu kujutamist noole abil, juhtides nende tähelepanu jõu kolmele iseloomulikule tunnusele: rakenduspunktile, suunale ja suurusele. Raskusjõu kohta teatatakse õpilastele, et tema rakenduspunkti tuleb kujutada keha „keskel", võimalikult arvestades tema mitmesuguste osade kaalu (joon. 134, II ja IV). Tutvustades jõu graafilise kujutamisega, tuleb juhtida tähelepanu rakenduspunkti selgele kujutamisele — tugeva punkti kujul, aga ka noole teraviku kujutamisele (joon. 134, I ja III). Jõu esiletõstmise eesmärgil lubatakse kasutada joonistel tema pisut ilustatud kujutust (joon. 135, I—IV). Üldiselt aga tuleb kujutada jõudu alati jämedamana kui joonise teisi jooni (joon. 134, III ja IV). Jõu suuruse kujutamiseks näidatakse õpilastele mastaabi kasutamist (joon. 135-V). Jõu suuruse esiletoomiseks seal, kus see on eriti tähtis, on täiesti võimalik kujutada jõudu joonisel 135-III näidatud viisiga. Lubamatu on kujutada jõudu peene joonega ilma rakenduspunktita ja hooletult näidatud teravikuga (joon. 134, I ja II).



Joon. 136. Jõu ja liikumise suuna kujutamine.

Näidates jõu graafilist kujutamist, tuleb ühtlasi kasutusele võtta mitut liiki liikumise (mehaaniline liikumine, voolu suund jne.) suuna leppetähistamist, võttes abiks noolt, mille otsal on sulitus, selleks et õpilased saaksid kergesti eristada joonistes jõu ja liikumise kujutusi juba nende välise kuju järgi (joon. 136).

7. Laboratoorsed tööd. Jõu (tõmbejõu ja kaalu) mõõtmise õpetamiseks dünamomeetri abil on laboratoorne töö kohustuslik. On soovitav, et õpilased kalibreeriksid dünamomeetri skaalat. Samuti on tähtis õpetada kasutama püstloodi ja seadma lauakest horisontaalsesse tasapinda, mida võib teha klassivälistel töödel. Laboratoorsete tööde temaatika, metoodika ja tehnika kohta vt. II k., § **64**.

8. Ülesanded ja kodused tööd. Koduseks tööks võib anda valmistada püstlood plommist või nööbist ja selle abil kontrollida mingite esemete (kapi, pildi, ukseliistude) vertikaalsust. Joone ja pindade (lauaplaadi, aknalaua) horisontaalsuse kontrollimiseks tuleb õpilastele näidata nurgiku valmistamist paberist ja Bakušinski järgi püstloodi kasutamist.

Jõu kujutamise harjutamiseks võib anda ülesandeid kahe või mitme jõu konstrueerimiseks, mis mõjuvad teatavate nurkade all ja on kindla suurusega. Kasutades malli, peavad õpilased tegema joonestuse oma vihikusse, kujutades jõudusid kindlas mõõtkavas.

VIIETEISTKÜMNES PEATÜKK.

METOODILISI JUHENDEID OSALE: „TAHKETE KEHADE, VEDELIKE JA GAASIDE OMADUSED".

§ 61. Osa sisu.

Teemaga „tahke keha" algab tutvumine kehade agregaatolekute põhiomadustega, s. o. füüsika enda aluste õppimine, kuna teema „lihtsamad mõõtmised" oli ainult sissejuhatuseks sellele ja järgnevatele osadele. Tahkete kehade, vedelike ja gaaside omadusi õpitakse eraldi, kuid nii, et nende põhiomadusi võrreldakse omavahel. Iga jagu algab selliste põhiomaduste, nagu ruumala, kuju ja kaaluvus [1], võrdlemisega, mille järel vaadeldakse eri omadusi, mis on iseloomulikud igaühele kolmest aine olekust. Elastseid omadusi õpitakse teataval määral ainult tahketel kehadel ja gaasidel; vedelikel neid ei vaadelda üldse. Keha ruumala muutumine välisjõu mõjul osutub tähtsaks ainult gaasidele, sest ühenduses õhupumba jt. töö seletamisega tuleb rääkida gaasi rõhu ja tema ruumala vahelisest seosest. Tahkete kehade kohta antakse kõige üldisemad kujutlused tugevusest, plastilisusest ja rabedusest, gaaside ja vedelike kohta — voolavusest. Põhiküsimuseks aga, millele pühendatakse igas jaos suurimat tähelepanu ja mille tundmaõppimiseks määratakse kogu aeg tervikuna, on raskusrõhk ja selle rõhu järeldused. Tahke keha rõhku õpitakse tundma esiteks ettevalmistuseks keerukama küsimuse, nimelt vedeliku ja gaasi rõhu käsitlemiseks ja teiseks arvestades tahke keha rõhu tähtsust tehnikas, sealhulgas ehitus- ning sõjatehnikas ja igapäevase elu tingimustes. Kehade poolt rõhu edasiandmise küsimust ja Pascal'i seadust ei vaadelda üksikasjalikult; katse põhjal vaid antakse üldine kujutlus selle edasiandmise laadist (edasiandumine igasse külge vedelikel ja gaasidel). Hüdraulilist pressi muide tundma ei õpita. Vedeliku rõhku anuma põhjale ja seintele, mis sõltub vedeliku kaalust, vaadeldakse mittetäielikul ja veidi lihtsustatud kujul; rõhu sõltumatus anuma kujust antakse kui katseline fakt. Vedeliku vaba pinna horisontaalsust ja sealhulgas ühendatud anumate seadust õpitakse tundma sisuliste seletusteta — katse põhjal. Tehnilistest rakendustest vaadeldakse purskkaevu, veevärgi, lüüside jms. ehitust. Gaaside rõhu mõõtmise viisidega tutvumiseks õpitakse tundma vesi- ja elavhõbe-manomeetreid. Vedelike

[1] Kaaluvus on omadus, mis on omane kõigile kolmele olekule, kuid selle olemasolu õhu kohta tuleb tõestada.

tundmaõppimine lõpetatakse Arhimedese seaduse käsitlemisega ja tema põhjal kehade ujumise tingimuste selgitamisega. Tehnilistest rakendustest käsitellakse laevade, allveelaevade, sõjaasjanduses kasutatavate ujukite jms. ujumist.

Gaaside õpetuses õpitakse õhurõhku: selle avastamise ajalugu, rõhu suurust ning selle mõõtmist ja rõhu muutumist kõrgusega. Mõõteriistadest vaadeldakse (elavhõbe- ja metall-) baromeetrit, altimeetrit ja metallmanomeetrit. Nagu juba ülalpool osutasime, esitatakse küsimus gaasi rõhu ja ruumala vahelisest sõltuvusest; seoses sellega tutvustatakse õpilasi surugaaside rakendamisega. Tehnilistest rakendustest seletatakse vee- ja õhupumpade ehitust ja töötamist. Lõpuks õpitakse tundma Arhimedese seadust gaaside kohta. Samuti tuleb anda üldkujutlus gaasi erikaalust, selleks et seletada õhusõidu printsiipi ja (hiljem soojuses) soojendatud õhu tõusvate voolude tekkimise põhjust.

§ 62. Sissejuhatav vestlus.

Sissejuhatav vestlus (10—15 min.) on vajalik selleks, et anda õpilastele kujutlust õppimisele kuuluvate küsimuste ulatusest ja äratada huvi nende vastu. Õpilaste tähelepanu juhitakse sellele, et kõik meid ümbritsevad kehad on ühes kolmest olekust — kas tahkes, vedelas või gaasilises olekus. Edasi näidatakse konkreetsetel näidetel, peamiselt tehnika ja igapäevase elu valdkonnast, nende olekute omaduste tundmaõppimise tähtsust. Tahkete kehade kohta on küllalt veenvad näited ehitustehnika ja metallide töötlemise alalt. Vedelike kohta võib nimetada igat liiki hüdrotehnilisi ehitusi ja meresõitu, gaaside kohta surugaasi mitmesuguseid rakendusi ja õhusõitu. Vestlust, kuna selles on juttu peamiselt tehnika küsimustest, tuleb illustreerida vastavate diapositiivide või raamatu piltide projitseerimisega.

§ 63. Tahke keha omadusi. Rõhk.

Demonstratsioon-katsed vt. II k., § 27.

1. Sisu: Tahke keha põhiomadusi (ruumala ja kuju). b) Elastsus, plastilisus, rabedus. c) Tahke keha kuju muutumine. Deformatsioonide mõiste. d) Tahke keha rõhk. Rõhumine ja rõhk. e) Rõhu tähtsus tehnikas, sõjaasjanduses ja igapäevases elus. f) Traktor ja tank.

2. Metoodilisi märkmeid. Kuna tahke keha omadusi õpitakse tundma teda jõududega mõjutades, siis just sellega tagataksegi käesoleva küsimuse järgivus juba olemasolevate teatmetega jõududest.

Teema koosneb kahest põhiosast — tahke keha omadused ja rõhk. Esimese osa käsitlemisel ei teki raskusi, kui õpetaja, vältides

liigseid peenusi ja teoreetitsemist, selgitab lihtsate katsete abil tahke keha põhiomadusi, deformeerides, pressides lamedaks ning purustades mitmesuguseid materjale.

Raskused, mis tekivad rõhumisnähtuse õppimisel, sõltuvad eelkõige selle mõiste[1] raskusest. „Rõhu" ehk „pingena" mõistetakse jõudu, mis on ühtlaselt jaotatud pinnale, või jõu ja pinna suuruse suhet. Õpetaja ülesanne seisab selles, et selgitada õpilastele eri nimetustega suuruste jagamisel saadud jagatise füüsikalist olemust. On ilmne, et füüsika õppimise alguses saab seda teha ainult rea katseliste faktide läbiarutamise tulemusena. Need tõsiasjad peavad võimaldama õpilastele kasutada rõhu mõistet mõnede enam-vähem paradoksaalsete, kuigi harilike nähtuste seletamiseks. Näiteks: miks ei saa sisse vajumata „käia" mööda sügavat kohevat lund, kuid võib kergesti libiseda suuskadel? miks võib terava noaga lõigata puud, kui see aga on nüristunud, siis on see võimatu? jms. Juhtides õpilaste tähelepanu nendele iseloomulikele tõsiasjadele ja näidates katse abil rea teisi, võib selgitada jõu „mõjumise" seost selle pindalaga, millele see mõju levib. Võttes igakord abiks rõhu leidmise, me saame arvestada jõu mõjumise tulemust. Pärast rida näiteid saab selle erilise, omapärase suuruse, „rõhu" mõiste konkreetsemaks.

Rõhu, enam kui mingi teise mõiste kohta on õige, et see mõiste omandatakse ainult tema kasutamise käigus.

Märkimisväärseid raskusi toob kaasa ka terminoloogia, õigemini küll oskussõna „rõhk" mitmesugune mõistmine füüsikas ja igapäevases kõnes. Igapäevases kõnekeeles mõistetakse rõhumisega kogu seda jõudu, millega üks rõhuv keha mõjub teisele, s. o. õieti rõhumisjõudu. Füüsikas ja tehnikas aga rõhk vastab suurusele, mida mõõdetakse jõuga pinnaühiku kohta. Seepärast siis mitte ainult õpilased, vaid ka õpetaja ise, kui ta pole „valvel", kasutavad sageli oskussõna „rõhk" mitmeti, kord õigesti, kord aga tähistades sellega rõhumisjõudu.

Seepärast tuleb metoodiliselt lugeda kõige otstarbekohasemaks niisugust oskussõnade tarvitamist: 1) „rõhumine" tähendab nähtust ennast ilma mingit suurust arvestamata, 2) „rõhumisjõud" — rõhuva jõu kogu suurust ja 3) „rõhk" — jõu suurust, mis mõjub pinnaühikule. Niisugusel juhul oskussõnade „rõhumine" ja „rõhk" eraldamine ei tekita väärarusaamist.

See pind, millele rõhutakse ja mille kohta arvutatakse rõhku, püüab tema mõjul liikuda pinna ristjoont (normaali) mööda. Et rõhk on risti pinnaga, selles mõttes seda mõista pole õpilastel kaugeltki lihtne. Seepärast tuleb piirduda ainult kõige lihtsamate juhtude vaatlemisega, kui toetuspinnaks on horisontaaltasapind ja rõhumisjõuks sellel asetseva keha kaal.

3. Tahke keha omadusi. Tahke keha omadustest tuleb mitte niipalju jutustada, kuipalju neid näidata. Sellised põhiomadused,

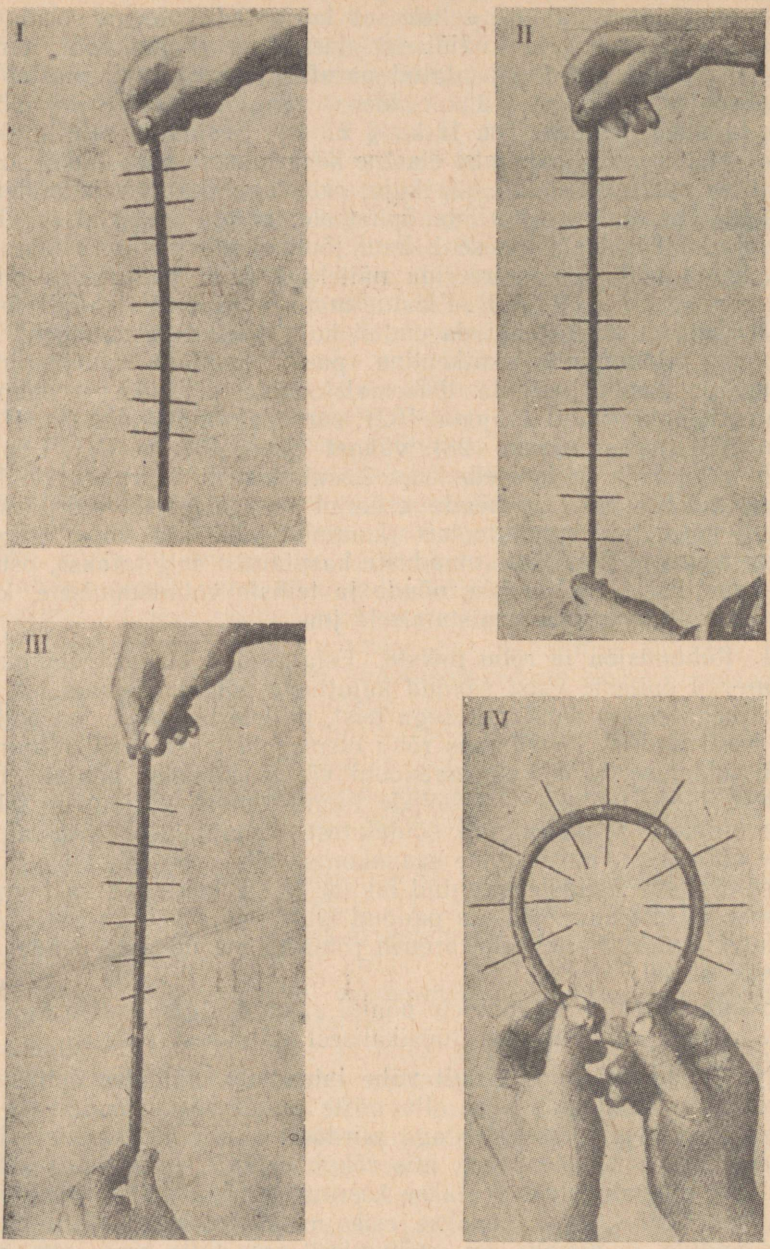
[1] Selles küsimuses soovitatakse tungivalt pöörduda raamatu poole: «Курс физики» под редакцией Ландсберга, Гостехиздат, 1944.

nagu ruumala, kuju ja kaal on õpilastele hästi tuntud, nii et neid tuleb ainult meeenutada, selleks et korrastada olevaid teadmisi. Edasi demonstreeritakse näidiseid elastsetest (kumminöör, terasvedru), plastilistest (soojendatud parafiin, toores savi, plasteliin) ja rabedatest kehadest (suhkur, klaas) ning näidatakse jõu mõjumise tulemusi nendele (vt. II k., § 27, 3). Seejuures selgitatakse, et pärast jõu mõju lakkamist elastne keha taastab oma endise kuju, plastiline säilitab saadud uue kuju, rabe aga puruneb ja pudeneb osadeks. On oluline nimetada õpilastele, et iga materjal on ühel või teisel määral elastne seni, kuni jõud ei ole ületanud teatavat piiri, mida võib demonstreerida näiteks kergelt painutades pikka klaasriba (vt. II k., § 27, 3). Elastne materjal võib aga küllalt suure jõu mõjumisel mitte taastada endist kuju (jääkdeformatsioon) või puruneda (kumminiidi katkemine, puust joonlaua murdumine). Samuti on kasulik näidata deformatsioonide põhiliike — tõmbedeformatsiooni (vt. II k., joon. 162), survedeformatsiooni (vt. II k., joon. 163), painet (joon. 128), väänet (joon. 137, I—IV). Lõpuks tuleb tutvustada õpilasi elastsuse kasutamisega vedrudes (kellad, pehme mööbel jms.) ja nende erikujul — sõidukite vedrudes ja samuti mitut liiki kummitooteis (kummist jalakesed, vööd, amortisaatorid jms.). Plastiliste omaduste kasutamist selgitatakse, osutades kunstilisele voolimisele, nõude ja telliste valmistamisele, kuumas ja külmas olekus sepistamisele jms.

4. Rõhumisjõu ja rõhu mõiste. Esialgsed teatmed rõhumisest kujunevad õpilaste elust saadud kujutluste põhjal. Asjaolu, et üks tahke keha rõhub oma raskusega teist, millele ta toetub, on õpilastele hästi tuntud. Veendumus rõhu olemasolust tekib neil rõhumise mõju tulemuse, s. o. deformatsiooni või purunemise põhjal. Tõepoolest, ükski õpilastest ei kõhkle tunnustamast, et jälgede tekkimine inimese jalgadest või sõidukitest, vahatükikese lössivajutamine või suhkru purunemine saapakontsa all — on rõhumise järeldused. Selliste õpilastele tuntud faktide hulka kuuluvad ka inimese raskuse all üle augu või oja pandud laua, padja või madratsi jms. nõkkuvajumine. Peale selle areneb rõhu mõiste õpilaste nende aistingute alusel.

Seega ei tekita rea näidete põhjal saadud algteadmiste kujunemine rõhust kui teatavast füüsikalisest nähtusest raskusi.

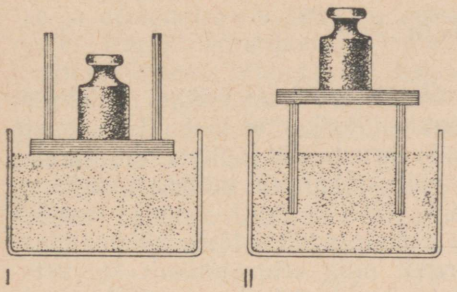
Neid teadmisi tuleb ainult vähe laiendada, näidates õpilastele, et rõhumise põhjuseks võib olla mitte ainult raskusjõud, vaid ka teised jõud. Seejuures tuleb aga piirduda ainult mehaaniliste jõududega, tuues näiteid käest, mis rõhub seinale, jms. Peale sellist esialgset ettevalmistust võetakse kasutusele rõhu mõiste tema füüsikalises mõttes, s. o. tuuakse esile mõiste olemus, vastavalt 2. jaos öeldule, ja nimelt: jõu „mõjumise" seos tolle pindalaga, millele see mõju ulatub. Esimesena tuleb õpilastele näidata, et ühesuguse toetuspindala puhul on rõhuva jõu mõju sõltuv tema suurusest. Samal ajal fikseeritakse oskussõna „rõhumisjõud".



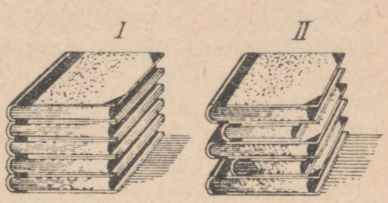
Joon. 137. Katsed kummitoruga (I), millesse on torgatud nõõpnõelad, selleks et demonstreerida deformatsiooni põhiliike: II — venitus; III — vääne; IV — paine.

Pärast seda seatakse küsimus toetuspindala tähtsusest; selle üle otsustatakse katsete põhjal lauakesega jt. (joon. 138), mis näitavad, et suuruselt üks ja sama rõhumisjõud võib mõjuda mitmesuguselt, mitmeti deformeerides või purustades materjali, mis on sattunud rõhumise alla.

Koos katsete demonstreerimisega tuuakse rida elulisi näiteid selle küsimuse kohta: suusatajast, kes käib lumekatet mööda; laudadest ja mademetest, mida laotatakse teedele soostunud maastikul;



Joon. 138. Katse lauakesega toetuspindala tähtsuse kohta.



Joon. 139. Rõhumise ja rõhu edasiandmise küsimuse vaatlemisel kasulik demonstratsioon.

laiendatud alustest aiapinkide jalgadel; lauakese tähtsusest, mis pannakse alla nöörkiigel jms.

Nii demonstratsioonid kui ka näited võimaldavad kasutusele võtta rõhu mõistet kui jõu suurust, millega üks keha mõjub teise keha pinnaühikule, ja võtta kasutusele arvutamise juhis kujul:

$$\text{rõhk} = \frac{\text{rõhumisjõud}}{\text{toetuspindala}},$$

s. o. näidata, et rõhk võrdub jõuga, mis on jagatud pindalaga, millele see jõud jaotub. Erilist tähelepanu tuleb pöörata sellele, et õpilaste teadmised ei taanduks ainult arvutamise harjumusteks. On oluline, et õpilased saaksid aru, et toetuspindala suuruse ja järelikult ka rõhu muutumisega võib ühtedel juhtudel vältida aluse purunemist ja saavutada deformatsiooni vähenemist, teistel juhtudel aga ümberpöördult — saada deformatsiooni suurenemist ning purunemist. Selles mõttes on eriti kasulikud näited, mis on toodud 5. jaos.

Võttes arvesse öeldut § 38, 2 ülesannete lahendamise kohta, võetakse hiljem kasutusele tähelised sümbolid ja valem kui meetod arvutamise järjestuse kirjapaneku lühendamiseks:

$$p = \frac{P}{S}.$$

Erilist tähelepanu tuleb pöörata ühikute nimetuste õigele kirjapanekule, nõudes lahendamisel umbes sellist ülesmärkimist:

$$p = \frac{P}{S} = \frac{1000\ kG}{200\ cm^2} = 5\frac{kG}{cm^2}.$$

Pärast rõhu arvutamise mõne arvulise näite lahendamist laiendatakse küsimust ja minnakse üle rõhumisjõu ja siis toetuspindala suuruse leidmisele. Valemeid

$$P = p \cdot S \quad \text{ja} \quad S = \frac{P}{p}$$

ei anta kohe; lahendamine aga toimub arutluste põhjal, selleks et esialgu saaks selgeks operatsioonide füüsikaline mõte. Ülesannete valik peab olema selline, et nad varustaksid õpilasi arvutamise oskustega ja aitaksid selgitada neile rõhumise tähtsust tehnikas, sõjaasjanduses ja igapäevases elus (vt. 7. jagu). Lõpuks vaadeldakse rõhu edasiandmist tahkete kehade poolt, alates kõige lihtsamatest juhtudest ja siis järk-järgult ning ettevaatlikult keerustades neid. Seepärast vaadeldakse esialgu üksteisele asetatud kehade (näiteks raamatute) juhtu, võetakse arvutlustel nende üldkaal ja alles hiljem seatakse küsimus nendevahelise rõhu kohta (joon. 139, I ja II).

5. Rõhu tähtsus tehnikas, sõjaasjanduses ja igapäevases elus. Rõhu mõiste rakendamine on väga mitmekesine ja võrdlemisi arvukas.

1) Ehitusasjandus. Ehitusasjanduses on sel küsimusel eriline tähtsus. Katseliste uurimustega on leitud lubatavate koormuste suurused mitmesugustele ehitusmaterjalidele ja aluspindadele, mis on normideks hoonete seinte paksuse ja vundamentide pinnasele toetumise pindalade arvutustel. Vastavais teatmikes on toodud ka purustavad koormised materjalide kokkusurumisel. Mingile põhjalikule õppimisele, eriti aga meelespidamisele need suurused ei kuulu, kuid õpilasi tuleb tutvustada nendega, kasutades numbrilist materjali ülesandeis ning demonstreerides vastavat diagrammi. Ei ole halb, kui õpilased panevad kirja oma vihikusse mõned neist andmetest ümmargustes arvudes. Nimetatud normide täitmiseks tuleb ehitusasjanduses kasutada suuremat seina paksust alumistes korrustes ja vundamentide laiendamist (joon. 85). Pole huvituseta ka vaiade kasutamine, mida rammitakse maa sisse, kuni nad oma alustega toetuvad küllalt kindlale aluspinnale.[1]

2) Kandepesad. Igat liiki laiendatud vundamentide ja masinate kandepesade ehitamine on seotud samuti koormuse normide järgimisega.

3) Tööriist. Läbitorkamine ja lõikamine nõuavad nagu teada teravat tööriista, nüri riist selleks ei kõlba. Terava tööriista

[1] Selliste ehitiste näideteks on Suur ja Väike Akadeemiline teater Moskvas.

toime seletub hiiglasuurte rõhkude saamisega, mis viib materjali purunemiseni. Sellest tuleb õpilasi teadlikuks teha. Igat liiki käepidemete võrdlemisi suur pindala ja kuju ümarus ei ole samuti juhuslikud.

4) Traktor. Eriti suure tähtsusega on laiad rattad ja roomikud ratas- ja linttraktoritel, mis teevad neid igal pool liikuvaiks. Traktori enda konstruktsiooni ei käsitelda, välja arvatud roomiku ehitus (veoratas, rullid jms.). Õpilastele tuleb teatada, et esimese roomikkäiguga masina, mis sai kaasaegse traktori algkujuks, ehitas ja demonstreeris 1880. a. Volski linnas vene leidur F. A. Blinov. Pärast aurumasina (vanalt aurulaevalt) kasutamist oma traktoril ja tema täiendamist demonstreeris F. A. Blinov eduga oma leiutist Nižni-Novgorodi näitusel. Vaatamata tema autasustamisele pronksmedaliga, ei osutanud eraettevõtjad ega tsaari valitsus temale materiaalset toetust ja Blinovi tähelepanuväärne leiutis ei leidnud tegelikku rakendamist.[1] Seejuures tuleb ühtlasi puudutada traktori otstarbe ja tema osatähtsuse küsimust põllumajanduse mehhaniseerimisel meie maal.

5) Tank. Sõjatehnikaga tutvustamiseks tuleb õpilasi informeerida tankide ja iseliikuvate suurtükkide ehitusest. Selle küsimuse kohta võib materjali leida raamatus: Внуков, Физика и оборона страны. „Liikuva kindluse" idee tekkis vene leiduril Porohhovštšikovil enne tankide leiutamist inglaste poolt. Porohhovštšikov töötas välja tanki konstruktsiooni, kuid ei saanud vajalikku toetust tsaari sõjaministeeriumilt.

6) Tähtsus igapäevases elus. Igapäevase elu tingimustes on rõhu tähtsus samuti suur. Näidete hulka sellest valdkonnast kuuluvad:

a) Mõisted „pehme" ja „kõva". Padjad, madrats, diivan võtavad neile toetuva inimese keha vormi, mille tõttu rõhumisjõud jaotub suurele pindalale. Rõhk ei ületa seejuures teatavaid piire ja kõvaduse tunne puudub. Lamavale inimesele ei näiks kivigi kõvana, kui selle süvendid vastaksid täpselt tema keha kujule.

b) Mööbli kuju. Toolide ja tugitoolide kuju ei ole juhuslik, vaid seletub püüdega jaotada rõhumisjõudu suuremale pindalale. Eriti iseloomulik on see kuju puupinkidel aedades ja trammi ning linnalähedaste elektrirongide vagunites.

c) Sõrmkübar, mille otstarve on üldtuntud, jms.

6. Näitlikud vahendid. Suure tähtsusega on diagrammi kasutamine, mis näitab lubatavaid ja purustavaid koormusi mitmesugustele ehitusmaterjalidele ja aluspindadele. Jutustamisel traktori ehitusest tuleb kasutada seina-tabelpilti või demonstreerida vastavaid diapositiive. Materjale sõjaasjandusest on soovitav koostada fotomontaaž-tabeli kujul, milleks leidub rikkalikult illustratsioone vanades ajalehtedes ja ajakirjades. Tuleb arvestada filmi «Вес и

[1] Vt. ajalehte «Известия» nr. 112 — 13. maist 1948. a.

давление» (13 min.) olemasolu, millest tuleb näidata üksikuid katkendeid (joon. 53).

7. **Ülesanded ja kodused tööd.** Ülesanded rõhu küsimuse kohta on oma sisult väga mitmekesised ja arvukad, kuid arvutamise tehnikalt kuuluvad kolme tüüpi, nimelt valemite

$$p = \frac{P}{S};\ P = p \cdot S;\ S = \frac{P}{p}$$

kasutamisega.

Kooskõlas ülalpool § 34 toodud orientatsiooniga, ei ole nende sisu kaugeltki tähtsusetu ja igaüks neist peab viima teadmiste laiendamisele ja süvendamisele rõhust.

Arvutatakse inimese jala, suuskade, traktori roomikute, põrandal seisva vihi jms. rõhke, selleks et võrrelda neid suurusi omavahel. Tööriistade (noa, habemenoa, nõela või naaskli) rõhkude arvutamist kasutatakse teritamise tähtsuse selgitamiseks.

Toetuspindala suuruse arvutamisel on kasulik tuua andmeid mitmesuguste ehitusmaterjalide ja aluspindade rõhu normidest; ülesannete lahendamisel võimaldub siis vaadelda ka mõningaid tähtsaid ehitustehnika küsimusi (seinte ülim paksus, vundamentide laiendamine jms.).

Peale arvutusülesannete tuleb nõuda õpilastelt vastuseid reale küsimus-ülesannetele. Vaatamata sellele, et vastused kõigile neile küsimustele (mis taanduvad sellele, miks ühe või teise eseme või ehitise toetuspindala on võetud võrdlemisi suurena) on ühetaolised, on nende küsimuste esitamine äärmiselt tähtis õpilaste tutvustamiseks rea mõningate konstruktiivsete iseärasustega, samuti ka faktidega, mis on õpilastele tuntud, kuid puudulikult aru saadud.

Tähelepanu väärib selle rõhu leidmise ülesanne, mida avaldab seisev inimene. Selleks antakse õpilasele muuseas ülesanne leida tegelikult oma toetuspindala suurus.

8. **Klassivälised üritused.** Ühenduses rõhu tähtsusega ehitustehnikas on teadmiste polütehniseerimise mõttes üsna kasulik tutvustada mitmesugust tüüpi hoonete konstruktsiooniga ja selleks kasutatavate materjalidega. Õpetaja võib väljaspool tööaega pidada õpilastele loengu neist küsimustest, seda enam, et on täiesti võimalik valida illustreerivat materjali demonstreerimiseks episkoobi abil. Erilise ekskursiooni organiseerimine on vaevalt otstarbekohane; ekskursioon võib järgneda hiljem, siis kui demonstreeritavaid objekte (hoone ehitus, traktor, tank) käsitellakse mitte ainult rõhu seisukohast üksi.

§ 64. Vedelikkude omadusi.

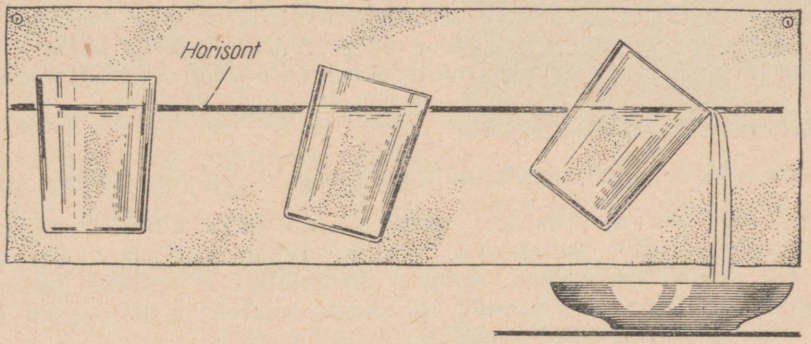
Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 28 ja 63, 5.

1. **Sisu:** a) Vedelikkude põhiomadusi. b) Vedeliku vaba pind. c) Rõhu edasiandmine vedelikus. d) Vedeliku raskusrõhk anuma

põhjale ja seintele. e) Vedeliku rõhu arvutamine. f) Ühendatud anumad ja nende kasutamine tehnikas. g) Manomeeter.

2. Metoodilisi märkmeid. Käesolevas teemas õpitakse peamiselt vedeliku raskusrõhku anuma põhjale ja seintele. Pascal'i seaduse, s. o. vedeliku poolt välisrõhu edasiandmise vaatlemine on mõõdapääsematu, kuna raske vedeliku rõhu käsitlemisel ei ole võimalik läbi saada vastavate seletusteta. Selle seaduse õppimine toimub siiski ainult katsete põhjal; hüdraulilist pressi ja sellekohaseid arvutusi ei käsitelda.

Kaaluva vedeliku rõhku anuma põhjale ja seintele õpitakse samuti katsete põhjal. Seejuures tuleb tutvustada õpilasi vastavate arvutlustega. Küsimuse rõhu olemasolu kohta ülalt alla võib esitada hiljem — Arhimedese seaduse tundmaõppimisel.



Joon. 140. Katse, mis selgitab vedeliku ümbervalamise võimalust.

Väga oluline on, et teema õppimise eel õpilased kordaksid küsimust keha kaalu määramisest tema ruumala ning erikaalu järgi ja oskaksid arvutada samba või posti rõhumisjõudu ning rõhku kõrguse, pindala ja erikaalu järgi. Kui niisugust ettevalmistamist pole olnud, siis vedeliku rõhu suuruse tundmaõppimine keerustub, sest käsitlusel tuleb tähelepanu kõrvale juhtida ülalmainitud küsimuse taastamisele mälus.

3. Vedelikkude põhiomadusi. Pärast vastavaid demonstratsioone (vt. II k., § 28, 2) ja seletusi peavad õpilased selgesti kujutlema, et igal vedelikul on kindel ruumala, kuid, erinevalt tahkest kehast, võtab selle anuma kuju, millesse ta on valatud. Seda nähtust võib seletada vedeliku osakeste kerge liikuvusega, näidates, et puistkehad (liiv, kruubid) on osaliselt samasuguste omadustega. Kerge liikuvusega seletub ka omadus, mida nimetatakse voolavuseks. Pole vajadust, et õpilased peaksid meeles oskussõna „voolavus" mingit definitsiooni; katse abil tuleb juhtida nende tähelepanu sellele, et vedelik võib välja voolata anuma aukudest ja laiali valguda pinda mööda, kui ei ole teda kinnipidavaid tõkkeid. On kasulik, kuid

mitte kohustuslik, nimetada, et vedelikud võivad erineda üksteisest omadustelt, mida nimetatakse „püdeluseks". Seda omadust selgitatakse vee ja mingi püdela vedeliku, näiteks suhkrusiirupi, glütseriini, kastoorõli jt. lusikast mahavoolamise või pudelikesest väljavoolamise võrdlemise teel.

Vedeliku tähtsaimate omaduste hulka kuulub omadus, et tema vaba pind moodustab horisontaalse tasapinna. Ei tule loota sellele, et see nähtus on õpilastele juba tuttav, ja piirduda ainult selle olemasolu meenutamisega, ilma vastavate katsete sooritamiseta (vt. II k., joon. 165). Samuti tuleb seletada, et vedeliku ümbervalamine ühest anumast teise on võimalik just selle omaduse tõttu (joon. 140). Vedelikkude põhiomaduste vaatlemise lõpuks on võimalik käsitella ühendatud anumate ja nende kasutamise küsimust (jagu 6).

4. Rõhu edasiandmine vedeliku poolt. Üldtuntud katse abil tuleb selgitada õpilastele, et välisrõhk, mida avaldatakse vedeliku pinnale, antakse tema poolt edasi igasse külge ühtlaselt. Selgituseks võib tuua järgmist tüüpi arvulise näite: kui muuta (näiteks suurendada) pinnal rõhku $1\ \frac{kG}{cm^2}$ võrra, siis vedelikus igalpool anuma mistahes kohas rõhk seinale muutub (näit. suureneb) $1\ \frac{kG}{cm^2}$ võrra. Peale selle tuleb seletada, et vedelikku asetatud iga keha pinnale avaldub samasugune rõhk. Selletaolisi arvulisi näiteid tuleb nõuda ka õpilastelt nende vastamistel. Samuti on vajalik, et õpilased õpiksid õigesti kujutama rõhu suunda, nii anuma seintele ja põhjale kui ka vedeliku sisse asetatud kehadele.

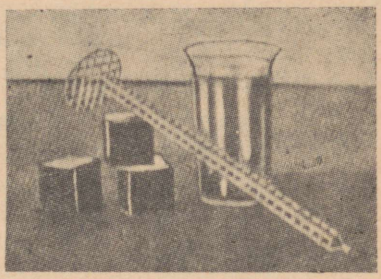
5. Vedeliku rõhk anuma põhjale ja seintele. Alates küsimuse käsitlust tuleb meenutada õpilastele, et igal vedelikul on kaal. Et see kaal sõltub ainest ja teda iseloomustatakse erikaalu suurusega, sellest tuleb kõnelda hiljem, et antud momendil mitte kõrvale juhtida õpilaste tähelepanu. Siis, võrdluse põhjal tahke kehaga, võib viia õpilasi ennustamisele, et vedelik peab oma kaaluga rõhuma anuma põhja. Pärast seda korraldatakse vastav katse (vt. II k., § 28, 4 ja joon. 168), mis kinnitab tehtud järeldust. Samuti tõestatakse katseliselt, et vedeliku taseme kõrguse suurendamisel suureneb rõhk põhjale, mille üle võib näiteks otsustada kummikelme venimise järgi.

Rõhule kvantitatiivset hinnangut andmata, tuuakse edasiste katsetega esile veel järgmised asjaolud: 1) vedeliku sees on olemas rõhk (vt. II k., joon. 174 ja 176); 2) vedelik avaldab rõhku mitte ainult anuma põhjale, vaid ka seintele (vt. II k., joon. 169) ja 3) rõhk kasvab sügavusega (vt. II k., § 28, 8). Lõpuks võib demonstreerida vedeliku rõhku alt üles (vt. II k., joon. 177), mis on eriti tähtis ühenduses Arhimedese seaduse eeloleva läbivõtmisega.

Seega õpitakse vedeliku rõhu nähtust tundma esialgu kvalitatiivsest küljest kui raske vedeliku eriomadust igas punktis, mis suu-

reneb sügavusega. See soodustab küsimuse järgnevat käsitlust tervikuna, s. o. ühes kvantitatiivse hinnanguga. Lõpuks tuleb selgitada, et rõhu suurus muude tingimuste võrdsuse korral sõltub vedeliku erikaalust, mis oleks ettevalmistuseks edasisele.

6. Rõhu arvutused. Küsimusele rõhu suurusest anuma põhjale on kõige parem läheneda arvuliste näidete lahendamise käigus — esialgu ainult vee ja siis ka teiste vedelike kohta. Suuremaks näitlikkuseks on tähtis võtta abiks kuupsentimeetrite mudeleid, mida võib laduda sambakesena üksteisele, ja erimudeli (traadist), mis lastakse anumasse (joon. 141). Siis on õpilastel tunduvalt kergem kujutella vedeliku vertikaalset sambakest, kuna traat tähistab tema servi ja näitab tema jaotumist kuupsentimeetriteks (joon. 142). Kasutades neid vahendeid, selgitatakse kõigepealt, et rõhk ehk rõhumine põhja 1 cm^2-le ehk ühe kihi rõhk teisele võrdub vedeliku vertikaalse samba kaaluga, mille kõrgus võrdub vedeliku pinna kaugusega anuma põhjast.



Joon. 141. Kasulik riist anuma põhjale vedeliku rõhu arvutamisel.

Meelespidamiseks pannakse see kirja näiteks selliselt:

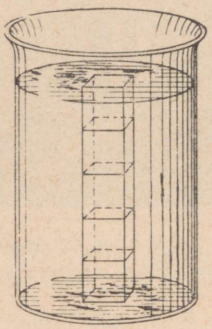
Rõhk = 1 cm^2-se põhjaga vertikaalse samba kaaluga.

Edasi, võttes abiks arvulise näite, arvutatakse järk-järgult, küsimuste kaupa, esialgu sambakese ruumala ja siis tema kaal. Arvutatakse mõned arvulised näited vee ja teiste vedelikkude kohta. Töö eesmärk tuleb lugeda täiesti saavutatuks, kui õpilased omandavad teadlikult sellise arutlemise. Pole vajadust taotella vahekorra teadmist tema lõplikul kujul, nagu see harilikult antakse füüsika õpikuis: rõhk = kõrgus × erikaal. Samuti tuleb õpetada õpilasi arvutama rõhu abil ka rõhumisjõu suurust anuma põhjale.

Küsimus vedeliku rõhust põhjale ja selle rõhu arvutamine ei tekita õpilastele erilisi raskusi. Rõhu tundmaõppimine anuma seinale aga on palju keerukam ülesanne. Seepärast peatatakse õpilaste tähelepanu eriti sellel, et rõhk vedeliku mistahes horisontaalil võrdub vastava kõrgusega vertikaalse sambakese kaaluga. Kui see on nende poolt aru saadud, siis sellest järeldub loogiliselt mitte ainult küsimuse lahendus rõhu kohta seinale, vaid ka rõhu sõltumatus anuma kujust, mida kinnitataksegi vastavate katsetega (vt: II k., joon. 168 ja 173—177). Rõhu küsimuse vaatlemisel ühel horisontaalsel nivool tuleb pöörduda Pascal'i seaduse juurde ja vajaduse korral korrata vastavat demonstratsiooni. Lõpuks tuleb selgitada ka rõhu erinevust tahketes kehades ja vedelikkudes, võr-

reldes näiteks raamatu paki ja vedeliku rõhku analoogilise kujuga anumates.

7. **Ühendatud anumad.** Vedeliku taseme ühtsus ühendatud anumates, sõltumata nende kujust, tuuakse esile katsetel (joon. 16 ja 17 ning vt. II k., joon. 166-I). Seejuures on kasulik katsel jaotada anum vaheseina abil kaheks ühendatud anumaks (joon. 17). Muuseas on kasulik valmistada ja kasutada kõige mitmekesisema kujuga klotse. Pärast seda tuuakse näiteid ühendatud anumate kasutamisest igapäevases elus (teekann, kastmiskann, vesikork kanalisatsioonitorudes) ja tehnikas (purskkaev, lüüsid, veemõõduklaas jms.). Rakendustest suurimat tähelepanu väärib veevärk, mille ehitust vaadeldakse põhjalikumalt.



Joon. 142. Vedeliku sambakese kujutamine.

8. **Manomeeter.** Manomeetrit õpitakse ühendatud anumate seaduse põhjal. Katse abil näidatakse, et rõhumisel vedeliku pinnale tema tase ühes harus alaneb, teises aga tõuseb; nende tasemete vahe on seda suurem, mida suurem on see rõhumine. Rõhu mõõduks võetakse ühe taseme kõrgus teise üle ja arvulisel näitel tehakse selgeks selle mõõdu mõte. Tekitades mitmesuguste vedelikkudega (vesi-, elavhõbe-) manomeetrite abil ühesugust rõhku, demonstreeritakse tasemete vahe suuruste erinevust ja seletatakse seda nähtust vastava arvutluse abil. Metallmanomeetri ehitust ei kirjeldata, sest seda on kohasem vaadelda gaaside õpetuses ja siis meenutada, et ta on kõlvuline ka vedeliku rõhu mõõtmiseks.

9. **Kasutamine tehnikas.** Ühenduses vedeliku rõhu küsimusega on kasulik jutustada õpilastele tuukritööst ja anda mõiste batisfäärist (sügavveekuulist), mida kasutatakse mereelu uurimiseks suurtes sügavustes. Veevärgi küsimuses antakse tema ehituse skeem ja nimetatakse tema tähtsamaid osi (veesurvepaak, pump või pumbajaam, võrk). Maakohas on kasulikum vaadelda väikest majaveevärgi skeemi.

10. **Ülesanded ja kodused tööd.** Koduseks tööks antakse õpilastele vedeliku rõhu arvutamise ülesandeid, mis on sarnased klassis lahendatutega. Ülesannete kogud ja õpikud sisaldavad harilikult suure hulga füüsikalist laadi tingimustega ülesandeid. Õhurõhu suuruse küsimusele ettevalmistamiseks on kasulik lahendada ülesannet rõhu kohta elavhõbedaga anumas 76 *cm* sügavusel.

Manomeetri käsitlusel on vajalik, et õpilased omandaksid manomeetrilt rõhkude lugemise oskuse; selleks tuleb neid treenida, tekitades demonstratsioon-manomeetril mitmesuguseid rõhke. Vajalikud on ka ülesanded veesamba ümberarvutamiseks elavhõbeda

sambaks ja ümberpöördult, ja ka rõhu väljendamiseks grammides ruutsentimeetrile.

11. Näitlikud vahendid. Jutustades tehnilistest rakendustest, on soovitav kasutada diapositiivide või raamatutest vastavate jooniste episkoobilist projitseerimist. Tuleb arvestada kinofilmide: «Давление, создаваемое весом жидкости» (10 min.); «Сообщающиеся сосуды» (13 min.) olemasolu. Tunni jaoks on neist filmidest kasulikud üksikud katkendid. Tervikuna võib filmi näidata väljaspool tööaega.

12. Klassivälised tööd. Klassivälistel töödel on teadmiste süvendamiseks kasulik näidata paradokse: ühendatud anumad kahe vedelikuga, samuti ka inimese keharaskuse tasakaalustamist vedelikusamba abil (vt. II k., joon. 173).

§ 65. Arhimedese seadus vedelikkude kohta.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., § 29.

1. Sisu: a) Üleslükkejõud. b) Arhimedese seadus. c) Ujumine. d) Laboratoorne töö. e) Kasutamine tehnikas: laevade ja allveelaevade ujumine, ujukid sõjaasjanduses.

2. Metoodilisi märkmeid. Programmides asetatakse Arhimedese seadus harilikult osa „Vedelikud ja gaasid" lõppu, mis eeldab tema õppimist üheaegselt nii vedelikkude kui ka gaaside kohta. Teinekord aga jaotatakse tema käsitlus kaheks osaks ja kumbagi neist õpitakse vastavates kohtades eraldi, s. o. pärast teemasid: „Vedeliku raskusrõhk" ja „Õhurõhk". Sel juhul tuleb Arhimedese seaduse tundmaõppimise lõpus eriti alla kriipsutada tema üldsust nii vedelikkude kui ka gaaside kohta.

Sageli väidetakse, et Arhimedese seadus kuulub 6. klassi õpilastele temast arusaamiseks kõige raskemate küsimuste hulka. See pole aga nii, kui läheneda seaduse kindlakstegemisele järk-järgult, jaotades tema õppimise üksikuteks osadeks, vaadeldes teda esialgu kvalitatiivsest küljest ja alles pärast seda kvantitatiivses väljenduses. Selleks koondatakse õpilaste tähelepanu kõigepealt üleslükkejõu ilmsikstegemisele, siis tema sõltuvuse kindlakstegemisele vedeliku ruumalast ja ainest, kuid ilma täpse kvantitatiivse hindamiseta. Seaduse vaatlemise esimesel voorul on üheks tähtsamaks küsimuseks see, et üleslükkejõud on sõltumatu vedelikku asetatud keha ainest. Kui selle ettevalmistuse järel üle minna seaduse kvantitatiivse avalduse kindlakstegemisele katse abil, siis osutuvad raskused kergesti ületatavaiks.

3. Arhimedese seadus. Metoodilised näpunäited Arhimedese seaduse käsitluse variantidest on toodud §§ **12**, 6—8 ja **42**, **4** (joon. 9—11).

Katsete kirjeldust vt. II k., § **29** (joon. 177 ja 181—183).

4. Kehade ujumine. Näidates raua-, puu-, korgitükikeste käitumist vees, esitatakse küsimus nii: miks ühed kehad ujuvad, teised aga vajuvad põhja? Ei ole raske selgitada õpilastele, et igale kehale mõjuvad kaks jõudu: üks — raskusjõud, mis tõmbab keha alla, ja teine — vedeliku raskusjõud, mis lükkab keha alt üles, mida kujutatakse tüüpiliste juhtude kohta vastaval joonisel. Võrreldes jõudude suurust, võivad õpilased joonise põhjal ise anda vastuse, et ühel juhul keha vajub põhja, teisel aga hakkab tõusma üles, ja tulevad õpetaja abiga järeldusele: kui üleslükkejõud on suurem keha kaalust, siis keha kerkib vedeliku pinnale; kui aga üleslükkejõud on väiksem keha kaalust, siis keha vajub põhja. Edasi lahendatakse 2—3 seda liiki ülesannet:

Kas keha vajub põhja või tõuseb veepinnale, kui ta kaalub a g ja ta ruumala on b kuupsentimeetrit, juhtude jaoks $a > b$; $a < b$ ja $a = b$?

Et sellest paremini aru saada, soovitatakse asetada järk-järgult vette dünamomeetri külge riputatud keha (joon. 9-II). Sedamööda, kuidas suureneb keha vette asetatud osa ruumala, hakkab suurenema üleslükkejõud ja dünamomeetri näidud hakkavad vähenema. Keha ujub, kui enne tema täielikku vette vajumist üleslükkejõud saab võrdseks keha kaaluga, s. o. dünamomeetri osuti näitab nullile.

Edasi juhitakse katse abil õpilaste tähelepanu erinevale vettevajumise sügavusele, näiteks puu, jää, korgi jms. ujumisel, ja näidates katset ujuva katseklaasiga (vt. II k., joon. 178), minnakse üle selle nähtuse seletamisele. Lihtsate ülesannete lahendamine vajumise sügavuse kohta ei ole kohustuslik. Lõpuks vaadeldakse õõnsate kehade ujumise küsimust, andes muuseas seletuse laevade ujumisele ja võttes tarvitusele nende veeväljasurve mõiste (joon. 94).

5. Laboratoorne töö. Tungivalt on soovitatav laboratoorne töö taaraga (lisaraskusega) katseklaasi ujumise tundmaõppimiseks mensuuri valatud vees (vt. II k., § 29, 3). See töö aitab suurel määral mõista Arhimedese seadust tervikuna, samuti ka küsimusi kehade ujumisest ja veeväljasurvest.

6. Areomeetrid. Pärast vastavaid demonstratsioone ei tekita areomeetrite (joon. 12) töötamise seletamine raskusi (vt. II k., joon. 178 ja 179). Käsitlusel tuleb nimetada areomeetrite eri liike — laktomeetrit (piima jaoks) ja alkoholomeetrit. On soovitav anda klassis areomeetrid õpilaste kätte, et nad saaksid tutvuda skaalade ehitusega.

7. Kasutamine tehnikas. Arhimedese seaduse rakendused tehnikas on niivõrd arvukad ja mitmekesised, et õpetajal tuleb vaatluseks valida ainult kõige tähtsamat: laevad, allveelaev, sõjapontoonid, inimese ujumine. Ühenduses laevadega tuleb õpilasi informeerida kauba- ja sõjalaevastiku tähtsusest meie maale. Allveelaeva ehituse ja töötamise seletamisel tuleb näidata katset Cartesiuse tuukriga (vt. II k., § 29, 9 ja joon. 184).

8. **Ajaloolised teatmed.** Ühenduses Arhimedese seadusega tuleb anda teatmeid Arhimedese elust ja töödest; märkimisväärset kasu toob ka jutustus asjaoludest, mis nagu olevat viinud teda seaduse avastamisele (§ 9, 4). Ühenduses laevade küsimusega on soovitav osutada nende kasutamisele iidsest ajast peale ja liikumapanevajõu kasutamise evolutsioonile aerudest kuni auruni ja elektrini.

9. **Näitlikud vahendid.** Teema nõuab tehniliste rakenduste osas seinapiltide, diapositiivide või raamatutest vastavate jooniste episkoobilise projitseerimise kasutamist. On soovitav tutvustada õpilasi sõjalaevade, muuseas allveelaeva, ja aurulaevade välise kujuga. On olemas film «На воде и под водой», millest on kasulikud üksikud katkendid.

10. **Klassivälised tööd.** Ringis on soovitav korraldada laboratoorne töö — tahke või vedela keha erikaalu määramine Arhimedese seaduse põhjal. Sõjatehnika küsimustest võib õpilastega selgitada ujuvate ja iseliikuvate miinide ehitust. Suurt huvi pakub õpilastele küsimus põhjavajunud laevade ülestõstmisest ja muuseas Erilaadiliste Veealuste Tööde Ekspeditsiooni töödest. On soovitav § 49, 2 nimetatud kunstiliste filmide näitamine.

§ 66. Gaaside omadusi.

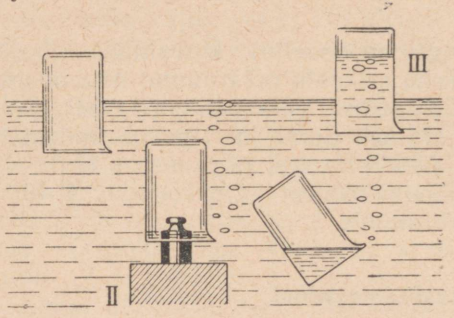
Demonstratsioon-katsed vt. II k., §§ 30 ja 31.

1. **Sisu:** a) Gaaside põhiomadusi. b) Gaasi ruumala ja rõhu vahekorra mõiste. c) Õhurõhk ja tema avastamise ajalugu. d) Õhurõhu suurus. e) Rõhu mõõduühikud. f) Õhurõhu muutlikkus. g) Baromeetrid. h) Õhurõhu sõltuvus kõrgusest. i) Altimeeter. j) Pumbad — vee- ja õhupump.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Kui õpilastel on juba igapäevase elu praktikast sisuliselt hästi tuttavad tahkete kehade ja vedelikkude omadused (kuju, ruumala ja kaal), siis gaasidest on neil vaid kõige üldisemaid ja ebaselgemaid kujutlusi. Seepärast tuleb gaaside tundmaõppimisel kõigepealt vaadelda nende omadusi, mis aga tekitab vahel suuri raskusi demonstratsioonkatse puudumise tõttu, mille abil lihtsalt ja kergesti tuleksid esile mõned gaaside omadused. See keerukamaks muutumine tekib peamiselt sellest, et värvita gaasid on nähtamatud. Peale nimetatud põhjuse on gaaside omaduste tundmaõppimine tähtis veel seepärast, et ilma selge kujutluseta gaaside kaaluvusest ja elastseist omadustest ei saa anda seletust õhurõhu põhjusest ja õhupumba töötamisest ning baromeetrist. Seepärast tuleb õpilasi mitte ainult informeerida gaaside kaaluvusest, vaid ka tõestada neile seda katse abil, ja samuti võtta tarvitusele seos gaasi ruumala ja tema rõhu vahel (Boyle'i-Mariotte'i seadus), seejuures mitte püüdes kuidagi põhjalikult tundma õppida selle seaduse kvantitatiivset külge, ja võibolla isegi mitte nimetades teda nime järgi.

Õhurõhu õppimine tuleb jaotada mitmeks järk-järgult käsitlusele võetavaks küsimuseks: 1) selle rõhu katseline esiletoomine; 2) rõhu suurus ning ühikute kindlaksmääramine; 3) rõhu muutlikkus ja riistad tema mõõtmiseks — baromeetrid; 4) rõhu sõltuvus kõrgusest ja selle rõhu tähtsus. Iga küsimuse vaatlemisel nimetatakse ühtlasi tehnilisi rakendusi ja antakse ajaloolist laadi teatmeid, mis siin peale üldharidusliku tähtsuse aitavad mitmeti parendada õpetamise metoodikat. Teema lõpetatakse õhupumba ehituse tundmaõppimisega, kusjuures tuleb kõige üldisemates joontes tutvustada tema kasutamist kaasaegses tehnikas.

Käesolevale teemale on iseloomulik katsete küllus, mida õpetaja võib näidata, mis aitab lihtsustada ja elustada käsitlust.

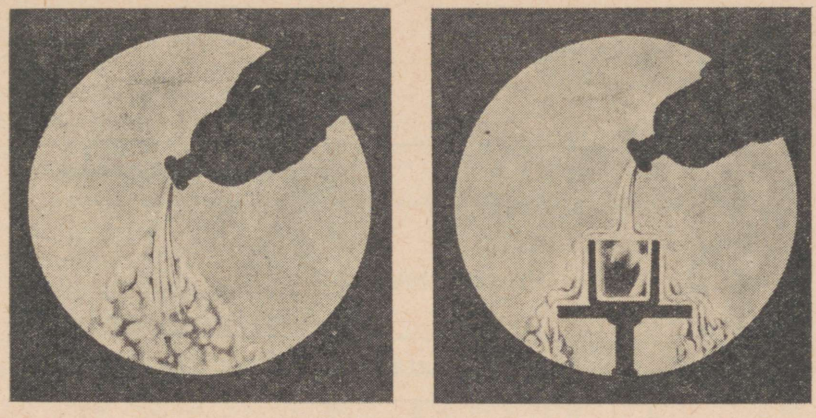


Joon. 143. Katse, mis näitab, et gaas hõivab ruumala.

3. Gaaside põhiomadusi. Gaasilise oleku mõiste antakse näidete varal sellele olekule iseloomulike omaduste kirjeldamisel. Sellisteks omadusteks on: kindla kuju ja ruumala puudumine, kaaluvus, elastsus, voolavus ja lõpuks eriomadus, mis on omane ainult gaasilisele olekule, ja nimelt: püüd hõivata võimalikult suurt ruumala. Seda, et õhk on aine, mis täidab anumas kogu teiste kehade poolt vabaks jäetud ruumi, näidatakse katse abil veeklaasiga, mis asetatakse vette kummulipööratult, või demonstreeritakse osa õhu väljasurumist tahke keha asetamisel veeklaasi (joon. 143). Nende katsete põhjal õpilased veenduvad, et gaas hõivab kindlat „kohta" ja täidab seega teatavat ruumala. Kuju puudumist gaasil ei saa näidata otseselt mingil viisil; sellest võib ainult jutustada. Gaasi voolavust tuleb demonstreerida aurujoa (udu) või suitsu abil (vt. II k., joon. 60), mis voolab välja toru otsast. Eriti kasulik on demonstratsioon aurude ja gaasidega variprojektsioonis (joon. 144). Samuti tuleb õpilastele teatavaks teha, et gaasi saab tema voolavuse tõttu panna liikuma torusid mööda sarnaselt veega. Gaaside püdelusest ei tule rääkida, kuna see küsimus on ebaoluline järgnevaks käsitluseks. Gaaside kaaluvuse ja elastsuse küsimus tuleb võtta eraldi ja põhjalikumale tundmaõppimisele.

4. Gaasi elastsus. Tahkete kehade ja vedelikkude ruumala muutumist nende igakülgsel kokkusurumisel välisjõudude poolt võib füüsika algkursuses mitte vaadelda; gaaside kohta aga on ruumala muutumise uurimine tarvilik. Gaasi omadust, mis seisab püüdes ühtlaselt levida üle kogu vaba ruumi, ehk teiste sõnadega — püüdes piiramatule laienemisele, võib näidata katse abil kummikotike-

sega, mis on paigutatud õhupumba kupli alla (vt. II k., joon. 219). Gaasi kokkusurutavust välisjõu mõjul ja tagasipöördumist endisele mahule ei ole raske demonstreerida kolviga anuma abil, või ilma pumbata — kartulipüssi abil (vt. II k., joon. 5-I). Seejuures tuleb selgitada järgmisi asjaolusid: 1) saada ruumala tunduvat vähe-

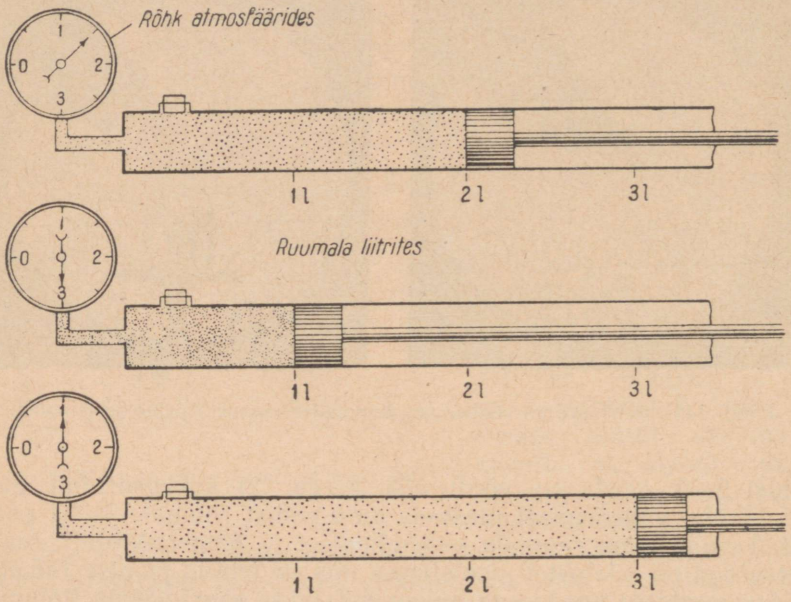


Joon. 144. Eetriaurude voolavuse demonstreerimine variprojektsioonis.

nemist 2—3 korda on võrdlemisi kerge; 2) kokkusurutud gaas püüab rõhu vähenemisel taastada oma endist ruumala ja 3) gaasi rõhk kasvab tema ruumala vähendamisel ja ümberpöördult. Suure tähtsusega on seletustel joonistused, mis on tehtud joonise 145 põhjal, kus punktide tihedusega iseloomustatakse gaasi olekut. Põhimõtteline tähtsus on analoogial vedru kokkusurumisega ja väljavenitamisega. Seoses rõhu küsimusega selgitatakse küsimust rõhu edasiandmisest gaasi poolt ja näidatakse vastav katse (vt. II k., joon. 172). Ühenduses Pascal'i seadusega on kohased katsed kummikotiga, mis puhutakse täis suu abil (vt. II k., joon. 190). Õppimise sellel etapil on täiesti võimalik vaadelda metallmanomeetri ehitust, näidates mudelil tema töötamist (vt. II k., joon. 195, I ja II), ja võtta kasutusele rõhuühik — 1 *kG* 1 ruutsentimeetri kohta ja nimetada seda tehniliseks atmosfääriks.

Gaasi kindlakstehtud omaduse — surugaasi rõhu — illustreerimiseks tuleb tuua mõned näited tehnika valdkonnast: jalgratta ja auto õhukummid; surugaaside veo ja hoidmise hõlpsus; suruõhutööriistad (haamrid, puurid, pressid jms.); suruõhk-pidur jt. Kõiki neid rakendusi näidatakse kõige üldisemates joontes, nende konstruktsiooni seletamiseta. Sõjaasjanduse alalt tuleb õpilaste tähelepanu eelkõige juhtida sellele, et kuulide ja mürskude väljaheitmine relvasuudmest toimub gaaside rõhumisjõu arvel, mis tekivad laengu põlemisel. Samuti võib mainida suurtükkide õhktaandurit ja iseliikuva miini liikumist vee all surugaasi varu arvel.

5. Õhu kaal. Õpilased ei ole harilikult veendunud, et õhul on kaal. Elust saadud tähelepanekud lükkavad pigemini ümber kui tõendavad gaaside kaaluvuse olemasolu. Seepärast tuleb õhu kaaluvust tõestada katse abil. Selleks kasutatakse tuntud katset õhu kaalumisega (vt. II k., **30**, 7 ja joon. 201). Kui aeg ei võimalda, siis võib piirduda katse kvalitatiivse vaatlemisega ning teatada



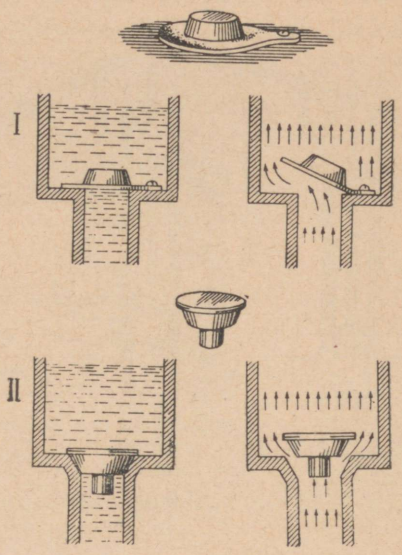
Joon. 145. Joonis, mis illustreerib seost gaasi ruumala ja rõhu vahel.

õpilastele ilma arvutamiseta, et 1 *l* õhku harilikkudel tingimustel, s. o. selles olekus, milles ta esineb atmosfääris (toa temperatuuril), kaalub umbes 1,3 *G*. Otsekohe tuleb arvutada õpilastega mingi ruumala täitva õhu kaal.

Gaaside erikaalu mõiste kasutuselevõtmine on välditamatu õhusõidu seletamiseks; kuid seda tuleb teha otse selle küsimuse käsitluse eel.

6. Õhurõhk. Veepumbad. Sissejuhatuseks selle küsimuse tundmaõppimisele on õpetaja selgitus, et Maa ümber on õhust kest ja et õhk, omades kaalu, peab avaldama rõhumist Maa pinnale. Edasi tõestatakse rea katsete varal selle rõhumise olemasolu (klaasi sissemuljumine, kelme kooldumine, magdeburgi poolkerad, purskkaev tühjuses) (vt. II k., § **31** ja joon. 214, 221 ja 218). Suure tähtsusega on demonstreerimine, et vedelik tõuseb torus kolvi järel. Seejuures tuleb õpilastele selgitada selle nähtuse põhjus, mis on tingitud rõhumisest vee vabale pinnale. See katse on veepum-

pade — imeva ja surupumba töötamise seletamise ettevalmistuseks. Pumpade ehituse vaatlemine ei tekita harilikult raskusi, kuid ainult teatavatel tingimustel. Selliste tingimuste hulka kuulub eelkõige vajadus selgitada õpilastele eraldi klapi ehitust ja töötamist, kasutades näitlikkuseks tema mudelit või vastavaid jooniseid (joon. 146). Peale selle tuleb näidata omade jõududega aegsasti valmistatud selgitavat pilti, mis kujutab pumpade töötamise faase (joon. 147). Lõpuks tuleb demonstreerida klaasist tehtud pumbamudelite tööd (joon. 25).



Joon. 146. Lihtsa nahk- (I) ja metallklapi (II) ehitus.

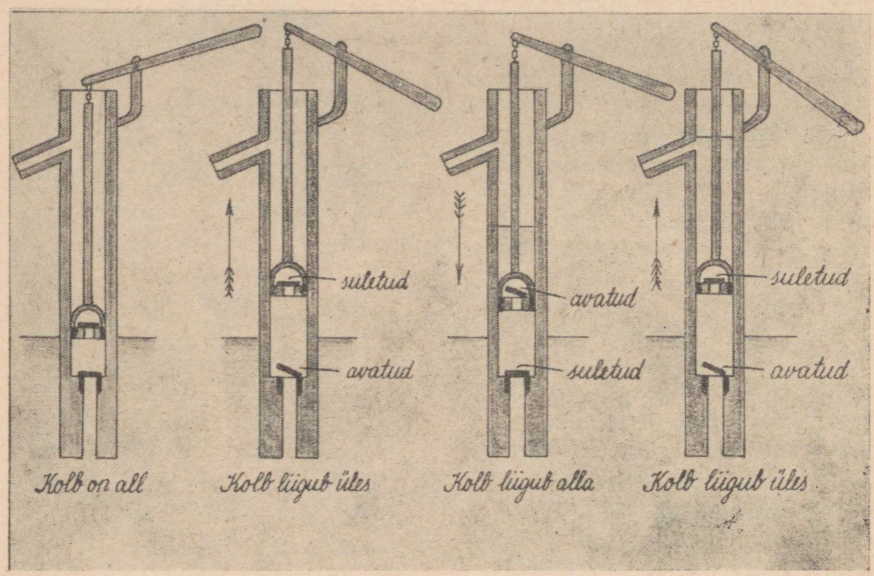
7. Õhurõhu suurus. Õhurõhu teema õppimisele võib läheneda selle rõhu[1] avastamise ajaloo kaudu. Tutvumine küsimuse ajalooga seletab õpilastele, mis otstarbeks tegi Torricelli oma kuulsa katse. Selle katse metoodika ja tehnika kohta vt. II k., § 30, 9 ja joon. 203 ja 204. Torricelli katse tulemuse sõnastusele tuleb anda selline kuju: õhurõhk tasakaalustab 76 *cm* kõrgusega elavhõbedasamba ehk õhurõhk on sama suur, nagu 76 *cm* kõrgusega elavhõbedasamba rõhk. Edasi näidatakse arvutluste teel, et õhurõhk on ümmarguselt 1034 $\frac{G}{cm^2}$ ja et veesammas, mis vastab 76 *cm* elavhõbedasamba rõhule, on 10,34 *m* kõrge. Lõpuks lahendatakse ülesandeid rõhumisjõu määramiseks teatava keha pinnale ja mitmesuguste rõhuühikute ümberarvutamiseks, valides selleks füüsika-alase sisuga ülesandeid.

8. Õhurõhu mõõtmine. Baromeetrid. Väga oluline on selgitada õpilastele, et õhurõhk ei vasta alati 76 *cm* elavhõbedasambale ja et see rõhk ühtelugu muutub, kord tõusu, kord alanemise poole, ja harva jääb muutuseta isegi mõne tunni kestel. Seepärast tuleb varemalt kasutuselevõetud rõhu suurusele lisaks võtta veel oskussõna „normaalne".

Baromeetri ehitust vaadeldakse kahel tüübil — anum- ja metallbaromeetril (vt. II k., joon. 203 ja 196); sifoonbaromeetri õppimine ei ole kohustuslik. Jutustades aneroidist, tuleb anda vedrult osutile

[1] Tuleb tähele panna, et kaugeltki kõik, mis on esitatud selle küsimuse kohta Falejevi ja Pjorõškini õpikus (I osa, § 39), pole õige.

liikumise edasiandmise lihtsustatud skeem, mitte püüdes seletada seda ehitust, mis tõeliselt on metallbaromeetril. Õpilasi tuleb õpetada lugema rõhu näite baromeetrilt. Lõpuks on oluline nimetada, et mõnikord baromeetri skaalal leiduvaid pealkirju: „torm, vihm, muutlik, selge ja põud" ei saa kasutada ilma ennustamiseks. Rõhu muutumine moodustab küll ühe tarvilikkudest, kuid kaugeltki mitte piisavatest tingimustest otsustamiseks ilma üle.



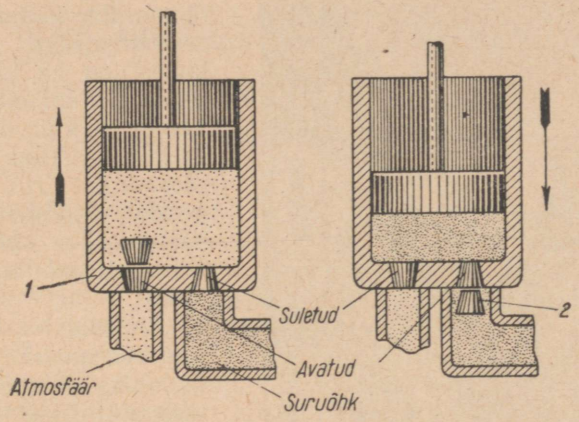
Joon. 147. Imeva veepumba töötamine.

9. **Õhurõhu sõltuvus kõrgusest.** Käsitlust alatakse osutamisest P a s c a l' i avastusele, et õhurõhk väheneb kõrgusega. Toetudes arvukatele mõõtmistele, mis on tehtud lendudel ja mäkketõusmistel, tutvustatakse õpilasi graafiku järgi õhurõhu suurustega mitmesugustel kõrgustel (joon. 40). Väga soovitav on võrrelda õpilastega aneroidi või primitiivse vesialtimeetri näite 4—6-korruselise maja keldris ja ülemisel korrusel (vt. II k., joon. 200).

Lõpuks tuleb tuvustada õpilasi altimeetri otstarbega; seda kasutatakse kõrguse mõõtmiseks maapinnast. Õpilastel on kasulik meeles pidada, et atmosfääri alumistes kihtides rõhk muutub umbes 1 *mm* võrra elavhõbedasambast tõusmisel iga 10,5 *m* kohta.

10. Õhupump. Õhupumba ehitus on õpilastele raskem mõista kui veepumpade oma. Raskus sõltub sellest, kuivõrd on eelnevast õppimisest (jagu 4.) õpilastele selgeks saanud, et gaasi kokkusurumisel tema rõhk kasvab ja ümberpöördult, ruumala suurenemisel aga väheneb (joon. 145). Pole vajadust vaadelda kolvi sisse

ehitatud klapiga surupumba ehitust. Võib piirduda kahe klapiga suru-hõrenduspumba tundmaõppimisega (vt. II k., § 31 ja joon. 206 ning 207). Selleks et õpilased saaksid aru, kuidas töötab õhupump, tuleb peale abijooniste klassitahvlil võtta abiks selgitav pilt, millel oleks kujutatud protsessi üksikud faasid. Harilikuks puuduseks, mis tugevasti raskendab pumpade ehituse tundmaõppimist, on klappide ebaselge kujutamine õpikute joonistel. Seepärast tuleb kasutatavas pildis kujutada klapid lihtsustatult ja küllalt suuremõõduliselt. Kõige lihtsam on seletuseks Komovski ühe klapiga



Joon. 148-I. Lihtsustatud kujutis kompressori töötamise seletamiseks.

pump (vt. II k., § 31, 2 ja joon. 208, 209 ja 210). Tähelepanu väärib ka arvamus, et seletamine lihtsustub, kui esialgu kasutada kraanidega pumba skeemi, kus kraanid suletakse vajalikul momendil käsitsi, ja alles pärast seda jutustada klappidest. Jutustus peab kaasnema nii suru- kui ka hõrenduspumba demonstreerimisega. Lõpuks tuleb mainida pumba kasutamist igapäevases elus jalgratta, priimuse ja tolmuimeja juures.

11. Kasutamine tehnikas. Surugaaside tehnilised rakendused on toodud ülalpool. Õhu-surupumba (õhkkompressori, joon. 148-I) kohta tuleb nimetada, et teda kasutatakse suruõhu saamiseks suruõhu-tööriistade ning -masinatega töötamiseks ja õhu läbipuhumiseks maakidest metallide väljasulatamisel ning nende sulatamisel ahjudes. Peale selle on õhupump olemas igas veduris, trammivagunis, elektriveduris jms. õhkpidurite käimapanemiseks. Hõrenduspumba tähtsus tehnikas saab selgeks, kui tuua näide elektrilampide valmistamisest. Tuleb nimetada ka ventilaatorite mitmesuguseid rakendusi.

12. Ajalooline materjal. Ajalooline materjal õhurõhu küsimuse kohta on väga rikkalik. Suurimat huvi pakub õhurõhu avastamise küsimus. Õhupumba käsitlemisel tuleb tutvustada Otto Gue-

ricke nimega, kes on õhupumba leiutajaks, samuti ka selle teadlase silmapaistvate katsetega (joon. 4). Tuleb anda lühidaid teatmeid Galilei, Torricelli ja Pascali tööde tähtsusest õhurõhu tundmaõppimisel (joon. 148-II).

13. Näitlikud vahendid. Näitlike vahendite hulk, mis on vajalikud küsimuse edukaks läbitöötamiseks, on võrdlemisi suur. Kõigepealt on peale töötavate klaaspumpade (joon. 25) vajalikud pildid, mis näitavad skemaatiliselt vee- (joon. 147) ja õhupumba töötamist. Suure tähtsusega, eriti maakohas, on ka kaevupumba nahaga klapi mudeli (joon. 146-I) ja, kui võimalik, siis ka kolvi (kannu) demonstreerimine. Eriti palju kergendab õppimist kinofilmi kasutamine, mis näitab skemaatilisel kujul pumba tööd.



Joon. 148-II. Pascal'i vesibaromeeter.

Tehnikas kasutamise illustreerimiseks tuleb võtta abiks diapositiive või raamatupiltide episkoobilist projitseerimist. Samal viisil illustreeritakse ka ajaloolist materjali (portreed, Guericke katsed, Pascal'i vesibaromeeter jms.). Suure tähtsusega on graafiku kasutamine, mis näitab atmosfääri rõhu muutumist kõrguse muutumisel (joon. 40).

14. Ülesanded ja kodused tööd. Teema läbivõtmisel tuleb kasutada mitte ainult arvutus-, vaid ka küsimus-ülesandeid, mis illustreerivad õhurõhuga seoses olevaid nähtusi. Ülesandeid antakse mitte ainult mõnede füüsikaliste suuruste paremaks omandamiseks ja meelespidamiseks, vaid ka ühtede rõhuühikute teistesse ümberarvutamise praktikaks (atmosfääri, $\frac{kG}{cm^2}$, elavhõbedasamba *cm*) ja ka nähtuste seletamiseks, mis on tingitud õhurõhu toimest.

15. Klassivälised tööd. Käesolevas teemas on klassivälisteks töödeks kasutatav materjal rikkalik. Kõigepealt on võimalik näidata katseid õhupumbaga, mis aja puudusel ei leidnud endale

kohta klassitöös, ja ka rida teisi katseid teadmiste süvendamiseks ja laiendamiseks (vt. II k., § 31). Peale selle on soovitav põhjalikumalt käsitella mõningaid huvitavaid andmeid ajaloost, näiteks Guericke katsetest. Lõpuks on ühenduses küsimusega surugaasidest kasulik tutvustada õpilasi kessoontöödega. Üldhariduslikus mõttes on soovitav korraldada vestlus Maa õhkkonnast, mida võib muide teha pärast õhusõidu tundmaõppimist. Mõningad katsed huvitava füüsika õhtute jaoks on näidatud joonistel 106, II—IV.

§ 67. Arhimedese seadus gaaside kohta.

Demonstratsioon-katsed vt. II k., § 29, 11 ja 12.

1. **Sisu:** a) Gaaside erikaalu mõiste. b) Arhimedese seadus. c) Õhusõit.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Arhimedese seaduse tundmaõppimist gaaside kohta vajab seitsmeklassiline kool õhusõidu seletamiseks, mille tõttu viimasele küsimusele tuleb pühendada küllaldast tähelepanu. Seda seadust tuleb õppida, nagu juba nimetasime § 65, 2, vahetult pärast teemat „Õhurõhk". Kuigi küsimus gaaside erikaalust harilikult programmi ei kuulu, on kujutlus temast vajalik õhusõitmise põhimõtte tundmaõppimiseks. Kui seaduse käsitlust saadetakse katsetega, õhusõidu küsimust aga lihtsate näidisarvutustega, siis tundmaõppimine raskusi ei tekita.

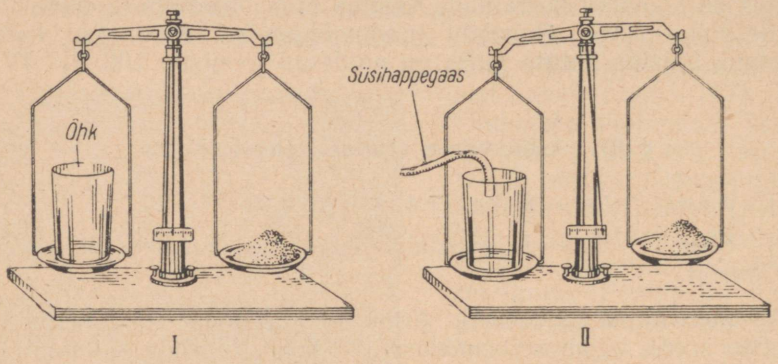
3. **Gaaside erikaalu mõiste.** Õhu kaaluvust tõestati juba varemalt; seepärast tuleb küsimuse edasiarendamiseks korraldada katse, mis näitaks õpilastele, et eri gaasidel on ka erisugune kaal. Sellist katset teostada on kerge, demonstreerides veeklaasi kallatud süsihappegaasi kaaluvust (joon. 149). Pärast seda antakse gaaside erikaalu mõiste ja tuuakse vastav arvuline materjal. Erikaalude suurused tuleb anda kilogrammides 1 kuupmeetri kohta, nagu see on tavaks gaaside puhul. Gaaside kohta tuleb veel mainida, et nende erikaal ühesuguse rõhu korral on sõltuv temperatuurist, ja tuua õhu kohta andmeid neist suurustest temperatuuridel 0°, +15° ja +50°. Tutvumiseks gaaside erikaalude suurustega lahendatakse näiteks sellist tüüpi ülesandeid:

I. Kui palju vähem kaalub vesinik, mis täidab 50 m^3 ruumalaga õhupalli, kui sama ruumalaga õhk temperatuuril 0°?

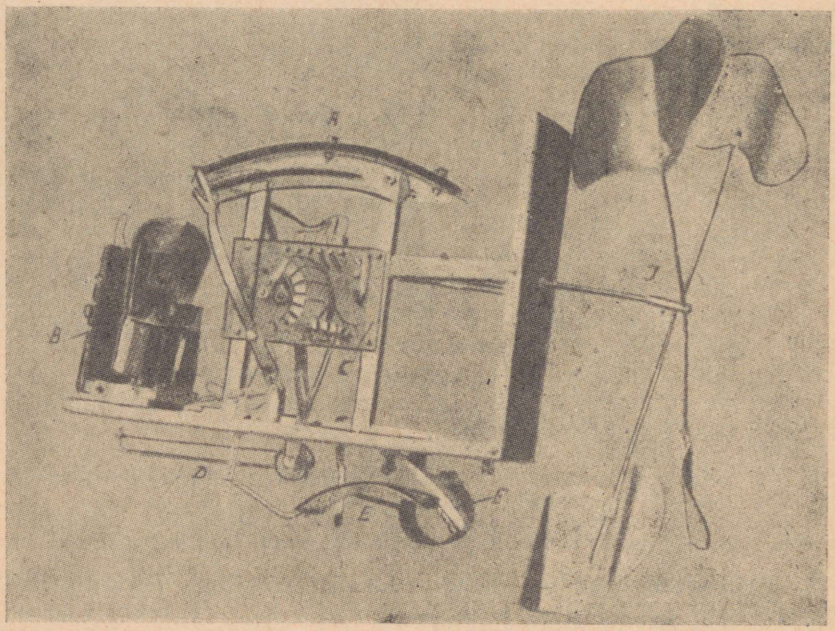
II. Kui palju vähem kaalub 200 m^3 õhku, mis on soojendatud temperatuurini +50°, kui õhk samas ruumalas ja sama rõhu korral temperatuuril 0°?

4. **Arhimedese seadus.** Seadus tehakse kindlaks (kvantitatiivsete andmete määramiseta) katse abil: kaaludel tasakaalustatud keha asetamisel süsihappegaasi kaob tasakaal (vt. II k., § 29, 11 ja joon. 187). Seadus sõnastatakse järgmisel kujul: gaas tõrjub temas asetsevat keha välja jõuga, mis võrdub väljatõrjutud gaasi kaaluga. Pärast seda lahendatakse treening-ülesandeid üleslükkejõu leidmi-

seks. Muuseas näidatakse arvutusega õhu selle jõu tähtsusetust, mis mõjub igapäev kasutatavatele esemetele. Üleslükkejõu olemasolu tõestamiseks õhus näidatakse baroskoopi õhupumba kupli all (vt. II k., joon. 220).



Joon. 149. Süsihappegaasi kaaluvuse ilmsikstegemine.



Joon. 150. Prof. Moltšanovi automaatne raadiojaam, mida riputatakse sond-palli külge ja mis signaliseerib raadiojaama *BC* abil riistade: altimeetri *A*, juushügromeetri *D*, termomeetri (bimetall-) *E* ja tuule kiirusemõõtja *J* näite.

5. **Õhusõit.** Käsitlust alatakse vesinikuga täispuhutud seebimullide õhkutõusmise katsest (vt. II k., joon. 188) ja seletatakse seda nähtust. Edasi võetakse kasutusele mõiste kandejõust kui kaalu vahest 1 m^3 õhu ja samasuguse ruumalaga gaasi vahel ning arvutatakse see jõud kuuma õhu ja vesiniku kohta. Seejärel jutustatakse kaasaegse õhupalli ehitusest, nimetades tema peaosi (pall, võrk, gondel(korv), klapp) ja seletades, mis otstarbeks on ballast ja maandumisköis. Peale õhupalli tuleb õpilasi informeerida dirižaabli ehitusest. Lõpuks tuleb jutustada sõjaasjanduses kasutatavatest lohetaolistest aerostaatidest, mida kasutatakse tõkestamiseks ja vaatluspunktidena. Õhupallide lennu tähtsuse selgitamine on kohustuslik; eriti tähtis on teatavaks teha õpilastele vene stratostaatide silmapaistvaid lende. Tuleb mainida ka sondpalle, mis tõusevad tohutule kõrgusele ja signaliseerivad raadio teel meteoroloogiajaamale temperatuurist, õhurõhust ja teistest andmetest (joon. 150). On soovitav diagrammi abil anda kujutlus suurimatest kõrgustest, mis on saavutatud lendudel.

6. **Ajalooline materjal.** Õhusõidu ajalugu pakub õpilastele suurt huvi; küsimuse käsitlemisel tunnis aga tuleb piirduda kõige lühemate teatmetega selle kohta. Igal juhul tuleb jutustada õpilastele vendade Montgolfier'ide ja Charles'i töödest, D. I. Mendelejevi teaduslikust lennust piloodita.

7. **Ülesanded ja kodused tööd.** Ülesanded, mida lahendatakse klassis ja kodus, peale eespooltoodud tüüpide, seisavad põhimiselt aerostaatide kandejõu arvutamises.

8. **Näitlikud vahendid.** Jutustus õhupallist, lohe-aerostaadist ja dirižaablist nõuab diapositiivide või raamatust vastavate piltide projitseerimist. Väga soovitav on näidata kinofilmil õhupalli ja dirižaabli lende.

9. **Klassivälised tööd.** Tungivalt on soovitatav kleepida ringis paberist montgolfier'i pall selleks, et lasta see õhku klassis, või kevadel, näiteks 1. mai pühal, väljas. Õhusõidu ajaloo teemal on soovitav välja lasta seinaleht või korraldada õhtu vastavate referaatidega. Ühenduses õhusõidu küsimusega tekib harilikult õhusõiduring, s. o. plaanerite ja mudellennukite ehitamise ring (joon. 113).

KUUETEISTKÜMNES PEATÜKK.

METOODILISI ÜLDMÄRKMEID OSALE „SOOJUS".

§ 68. Programmi variandid soojuse küsimuses.

Seitsmeklassilises koolis on soojuse osa käsitlemisel võimalikud kaks varianti. Ühel juhul, nagu see vastab kõikidele varem kehtinud programmidele, õpitakse soojust pärast mehaanika läbivõtmist. Põhikaalutluseks sellise järjekorra kasuks on see, et energia-

mõistega tutvumine ja energia jäävuse seaduse tundmaõppimine võimaldab seletada soojusnähtusi energeetilisest seisukohast, vaadeldes neid kui empiirilisi fakte. Soojuse kursust alati selle variandi järgi tõestades katsete abil, et soojus on üks energia vormidest; soojuse hulka vaadeldi kui soojusenergia hulka; keha ülemineku ühest agregaatolekust teise seletati energeetilisest seisukohast (molekulaar-kineetilise teooria põhjal); soojusbilansi võrrand ja kasuteguri mõiste võeti kasutusele energia jäävuse seaduse põhjal. Soojusmasinate küsimuse vaatlemine oli siis soojuse kursusele loomulikuks lõpuks. Teiseks kaalutluseks mehaanika õppimise kasuks enne soojust oli see, et mehaaniline liikumine on liikumise lihtsamaks vormiks kui molekulaarliikumine.

Masskooli kogemused aga selgitavad, et 6. klassi õpilaste hariliku arenemisastme kohaselt algteadmised mehaanikast, eriti aga õpetus tööst ja energiast, osutusid nende arusaamisele vähe jõukohasteks. Siit tekkis teadmiste formalism energiaküsimuses ja sellisel baasil osutus võimatuks saavutada ülalpool iseloomustatud harmoonilist süsteemi soojusõpetuses. Seepärast kaldub praegusel ajal metoodiline mõte selle poole, et: 1) mehaanika õppimine ja järelikult ka energiamõistega tutvumine tuleb üle kanda 7. klassi (kursuse algusse); 2) jaotada soojusõpetus kaheks osaks; ühesse neist võtta küsimused: kehade paisumine, soojuse edasiandumine, soojuse hulk, agregaatoleku muutumine; teisesse — kujutlus soojusest kui ühest energia liigist ja tema muundumisest mehaaniliseks energiaks; 3) soojusõpetuse esimene osa võtta 6. klassi programmi, ehitades seda empiiriliselt, teist osa aga käsitella 7. klassis pärast mehaanika käsitlemist.

Järgnevates paragrahvides §§ 71—76 toodud metoodilised näpunäited on ehitatud viimasele nimetatud programmi variantidest. [1]

§ 69. Molekulaar-kineetilise teooria tähtsus.

Soojuse tundmaõppimisel, vaadeldes või tehes katseid, tutvuvad õpilased väga suure hulga nähtustega ja saavad nende põhjal kujutlusi reast mõistetest. Füüsika õpetaja ülesanne seisab selles, et õpilased mitte ainult ei vaatleks ega peaks meeles neid või teisi fakte, vaid suudaksid jälgida seoseid nende vahel ja omandaksid seletuse nende füüsikalisest olemusest, mis kuidagi läheneks tänapäeva vaadetele soojuse olemuse kohta; selleks tuleb kasutusele võtta molekulaar-kineetilise teooria algmed. Kui aga loobuda selle ülesande lahendamisest tervikuna ja rahulduda ainuüksi faktide teadmisega, siis kujutlused mõistetest osutuvad kui mitte just moonutatuiks, siis suurel määral formaalseteks. Tõepoolest,

[1] Eesti NSV koolide füüsika õppeprogrammis kuulub soojuse käsitlemine tervenisti 6. klassi. Toimetus.

sel juhul tuleb nii või teisiti rääkida soojusest, kõigi sellest tulenevate järeldustega kui mingisugusest substantsist ehk teiste sõnadega — kui millestki lähedasest flogistonile. Hoopis teistsugune tulemus saadakse molekulaar-kineetilise teooria põhijoonte kasutuselevõtmisel. Siis seletub temperatuuri tõus molekulide liikumiskiiruse suurenemisega; kehade agregaatolekute muutumised saavad füüsikalise seletuse; soojusenergiat tõlgendatakse kui liikuvate molekulide kineetilist energiat, auru ja gaasi tööd soojusmasinates seletatakse kui molekulide liikumise edasiandmist kolvile jms. See seisukoht aga leiab vastuväiteid mõnede metoodikute poolt, kes näitavad, et kuivõrd molekulide mõiste kasutuselevõtmine kohesiooninähtuse ja kehade agregaatolekute seletamiseks toob raskusi 6. klassis, sedavõrd veel vähem jõukohasteks osutuvad teatmed molekulaarsetest liikumistest nende rakendamisel soojusõpetusele. Küsimust molekulaar-kineetilise teooria kasutuselevõtmisest ei saa seepärast lugeda kaasaegses metoodikas lõplikult lahendatuks. Õpetaja tähelepanu tuleb juhtida seepärast selle teooria algmete kasutuselevõtmise soovitavusele, kusjuures temal endal tuleks otsustada, sõltuvalt oma kooli õpilaste arenemisastmest, kas need teatmed on küllalt jõukohased õpilastele arusaamiseks ja omandamiseks, ja peaasi, kas nad soodustavad teadmiste süstematiseerimist, lihtsustades õpetamist, mitte aga keerustades seda. On täiesti otstarbekohane, võttes abiks 6. klassi kursuse käsitlemisel molekulaar-kineetilist teooriat, puudutada kõige tagasihoidlikumas ulatuses tema algmeid kursuse lõpus (§ 76). Teooria põhijooned osutuvad ka üsna kasulikeks veel järgmistel kaalutlustel. Soojuse kursust tuleb ehitada mitte ainult katse, vaid ka maksimaalsel määral selle teadmiste varu alusele, mis on olemas õpilastel ja on ammutatud nende igapäevase elu kogemustest. Igapäevases elus aga esineb peale soojuse mõiste veel tema vastand — mõiste külmast. Seepärast tuleb soojuse käsitlemisel kõigepealt välja juurida väärad kujutlused sellest, et „külm" oleleb iseseisvalt ühteviisi soojusega ja võib edasi anduda ühelt kehalt teisele nagu soojuski; seejärel tuleb välja selgitada selle oskussõna suhteline iseloom, mis põhineb aistingul, ja näidata lõpuks tema kasutamise mittepädevust füüsikas. See kõik õnnestub kergesti molekulaar-kineetilise teooria kasutamisel, osutub aga palju raskemaks ülesandeks loobumisel selle teooria sissetoomisest.

§ 70. Sissejuhatav vestlus osale „Soojus".

Sissejuhatavas vestluses soojuse õppimisele tuleb eelkõige selgitada õpilastele soojuse tähtsust elule üldse ja inimesele eriti. Vestluse sisu võib olla ülesehitatud umbes järgmise kava kohaselt:

Päike kui Maa soojusallikas. Temperatuuritingimuste tähtsus elule. Vee ringkäik looduses. Soojusekaitse igapäevase elu ja tööstuslikes tingimustes. Kütmine ja valgustamine. Soojuse kasutamine

tööstuses materjalide töötlemiseks ja mehaanilise jõu saamiseks. Kasutamine transpordis. Soojus sõjaasjanduses.

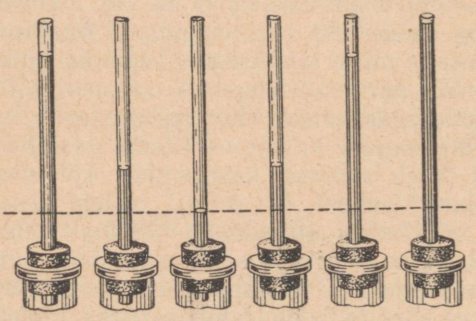
Vestluse eesmärk seisab selles, et näidata õpilastele soojuse õppimise tähtsust ja ette märkida küsimuste ring, mis kuuluksid õppimisele järgnevas käsitluses. Näitlikkuse saavutamiseks ja huvi äratamiseks tuleb laialdaselt kasutada diapositiivide demonstreerimist või teemale vastavate raamatupiltide episkoobilist projitseerimist. Soovitavad on ka demonstratsioonid, mis näitaksid soojuspaisumist (vt. II k., joon. 256), sulamist, keemist, korgi väljatõukamist auru poolt ja aurumasina (joon. 20) ning sisepõlemismootori mudelite tööd (joon. 22).

§ 71. Kehade paisumine soojenemisel.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 36 ja 65, 1—4.

1. Sisu: a) Vedelate, tahkete ja gaasiliste kehade paisumine soojenemisel. b) Termomeetri ehitus. c) Erikaalu muutumine soojuspaisumisel. d) Soojuspaisumise tähtsus tehnikas. e) Vee soojuspaisumise iseärasused.

2. Metoodilisi märkmeid. Temperatuuri mõiste on üks algmõistetest, milleta pole võimalik soojuse tundmaõppimine üldse. Seda mõistet valdavad õpilased teataval määral oma igapäevasest elust saadud teadmiste, loodusõpetuse, maateaduse jt. tundide põhjal. Nende teadmiste ja katsete põhjal kehade paisumise kohta soojendamisel tuleb seda mõistet täpsustada. Samuti on võimalik pärast vastavaid seletusi anda definitsioon: temperatuur on kehade soojenemisaste. Juhul kui varemalt oli kasutusele võetud molekulide liikumise mõiste, siis võib esimeseks lähenduseks nimetada, et temperatuuri iseloomustab molekulide liikumiskiirus, selleks et 6. klassi kursuse lõpus kasutuselevõetud mõistet täpsustada.

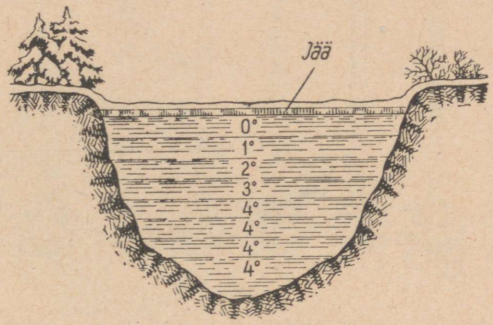


Joon. 151. Vee paisumise iseärasuste diagramm.

Rea näidete varal tuleb selgitada õpilastele, et temperatuuri hindamine aistingute järgi pole alati võimalik, ja kui ongi võimalik, siis on sageli ekslik (joon. 116-II), ja et temperatuuri hindamiseks peab teadus kasutama selliseid viise, mis oleksid vaieldamatult kindlad. Selleks võivad olla kehade soojuspaisumise nähtused. Seega

esitatakse küsimus kehade soojuspaisumisest esimese teemana mitte ainult sellepärast, et ta on üks lihtsamaid ja jõukohasemaid näitamiseks katsetel, vaid ka sel põhjusel, et tema vaatlemine soodustab temperatuuri mõiste täpsustamist ja võimaldab muuseas seletada termomeetri ehitust ja töötamist.

Metoodiliselt kõige õigem (vt. allpool) on tundma õppida esialgu lihtsamat küsimust vedeliku ja gaasi paisumisest ja alles siis tahke keha paisumisest. Küsimus vee soojuspaisumise (joon. 151) iseärasustest on õpilaste jaoks keerukam peamiselt seepärast, et tema otsene katseline põhjendamine pole küllalt jõukohane seitsmeklassilisele koolile (vt. II k., § 36, 1). Selle küsimuse sissetoomine on aga siiski vältimatu, kuna ta on lahutamatult seotud vee omadusega



Joon. 152. Pilt: „Temperatuuri jaotus loomulikus veekogus (jahtumisel pealtpoolt)".

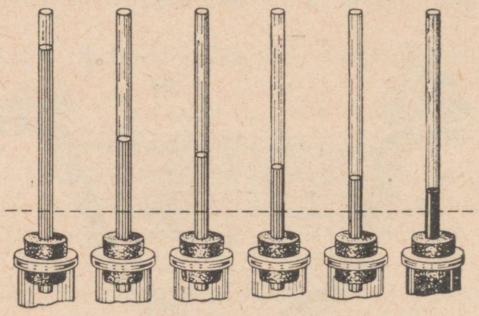
saavutada suurimat kaalu temperatuuril 4° ja lõpuks on vajalik vee jahtumise käigu seletamiseks loomulikkudes veekogudes (joon. 152).

3. **Vedeliku ja gaasi paisumine.** Vedeliku paisumine tehakse ilmsiks esialgu katsega, kus vedeliku liigne osa voolab anumast välja, mis on näitlikum ja arusaamiseks lihtsam, ja siis anuma abil, milles paisunud vesi tõuseb äravoolutorus. Viimane katse on vajalik kui termomeetri mudel. Ülejäänud vedelikkude kohta nimetatakse, et kõik nad paisuvad soojenemisel, kuid esialgu ei osutata selle paisumise ebavõrdsusele. Samuti on oluline näidata õpilastele pöördprotsessi — kokkutõmbumist jahtumisel. Selleks võib kasutada riista äravoolutoruga; veel parem aga on näidata tunni algul kuuma veega täidetud 1 *l* mahutavusega pudelit ja tunni lõpul leida, et vee tase on alanenud (3—5 *cm* võrra). Viimane katse annab kujutluse ruumala muutumise suurusest soojenemisel ja jahtumisel, millel on praktiline tähtsus mõnede nähtuste seletamisel, mida täheldatakse igapäevases elus vee soojenemisel. Katse kuuma vee ja petrooleumi jahtumisega võimaldab kasutusele võtta kujutlust vedelikkude erinevast kokkutõmbumisest, järelikult aga ka paisumisest (joon. 153).

Lõpuks näidatakse katsete (vt. II k., joon. 255) abil õhu pai-

sumist ning kokkutõmbumist. Seejuures on tähtis juhtida tähelepanu sellele, et ühesugusel soojenemisel gaasid paisuvad märksa enam kui vedelikud. Gaaside kui ka vedelikkude paisumiskoefitsiendi mõistet ei anta. Küsimust tahkete kehade paisumisest tuleb vaadelda pärast termomeetri tundmaõppimist eespool nimetatud põhjusel, aga ka selleks, et õpilastel oleks juba kujutlus temperatuurist ja neile võiks anda vastava ülesande varda pikenemise arvutamisega, selleks et konkretiseerida kujutlust paisumise suurusest.

4. Termomeeter. Esialgu vaadeldakse termomeetri mudelit, tehes skaalale alg- ja lõpptaseme märked ja jagades vahemaa näiteks 10-ks võrdseks osaks. Pärast seda tuleb esitada küsimus termomeetri



Joon. 153. Vedelikkude (eeter, piiritus, petrooleum, õli, glütseriin ja elavhõbe) termilise paisumise diagramm.

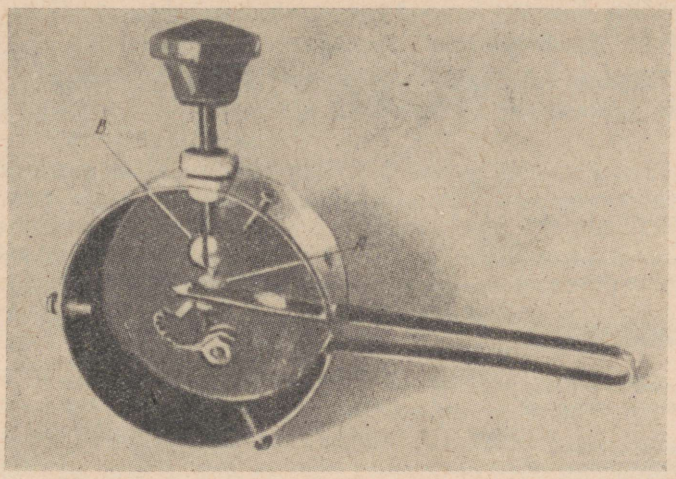
jäävate punktide, s. o. sulava jää ja keeva vee soojusliku seisukorra ning tema skaala ehituse kohta. Vaadeldakse Celsiuse skaalat; Réaumur'i skaalat tuleb ainult lühidalt mainida. Edasi demonstreeritakse ja kirjeldatakse välisõhu temperatuuri mõõtmiseks kasutatavat ja laboratoorset termomeetrit. Õpilastele tuleb teatada mitte ainult termomeetri käsitsemise ja tema järgi temperatuuri lugemise reeglid, vaid ka anda vastavaid oskusi temperatuuri mõõtmiseks, milleks tuleb korraldada laboratoorne töö (10. jagu). Lõpuks peab õpetaja rea näidete varal selgitama õpilastele temperatuuri mõõtmise tähtsust, puudutades sealhulgas ka inimese keha temperatuuri küsimust (joon. 62) ning andes kujutluse meditsiinilise termomeetri ehitusest. Teatmeid termomeetri ja mõõtmise reeglite kohta vt. II k., § **15**, 8 ja § **36**, 1.

Temperatuuri mõiste paremaks omandamiseks õpilaste poolt on soovitav asendada järk-järgult terminid „jahtumine" ja „soojenemine" vastavate väljendustega — temperatuuri tõusmine ja langemine.

5. Tahkete kehade paisumine. Tahke keha paisumine ja kokkutõmbumine tehakse ilmsiks esialgu katse abil Gravesandi riistaga (vt. II k., joon. 252). Seejuures on soovitav ka näidata ja seletada,

et rõnga ava suureneb tema soojenemisel, sest kui õpilased hakkavad lahendama seda küsimust ilma katseta, siis enamus tuleb vastupidisele järeldusele. Edasi demonstreeritakse traadi pikenemist; seejuures tuleb seletada kangide kasutamist selle pikenemise nähtavakstegemiseks (vt. II k., joon. 251). On soovitav, et katsel need pikenemised tuleksid esile vahetult (traadi kooldumine, kriipsuke tahmatud klaasil varda otsale kinnitatud nõelast).

Erinevalt selle küsimuse käsitlemisest vedelikkude ja gaaside



Joon. 154. Kaarekujuline bimetall-ribake *A*, mida kasutatakse elektrivooluringi katkestamiseks (kontaktkruvi *B* ja plaadikese *A* vahel) õhu või vee temperatuuri tõusmisel üle kindlaksmääratud piiri.

kohta, tuleb näidata kokkuneeditud vask- ja raudribal tahkete kehade soojuspaisumise ja soojuskokkutõmbumise erisugusust (vt. II k., joon. 257). See on tähtis mitte ainult ühenduses ehitustehnika iseärasustega, vaid ka osutamiseks sellele, et bimetalli võib kasutada kui termomeetrit ja kui automaatide põhiosa, mis reageerivad temperatuuri muutumisele (joon. 154) (tuletõrje signaal, elektrivoolu piiraja jms.). Lõpuks vaadeldakse tahkete kehade paisumise tähtsust ehitustehnikas (vahed roobaste ühenduskohtades, rullid sildadel, kompensaatorid aurujuhtmetes jms.); samuti on soovitav tutvustada soojuspaisumise kasutamist raudrehvide ja bandaažide pealepanemisel ratastele.

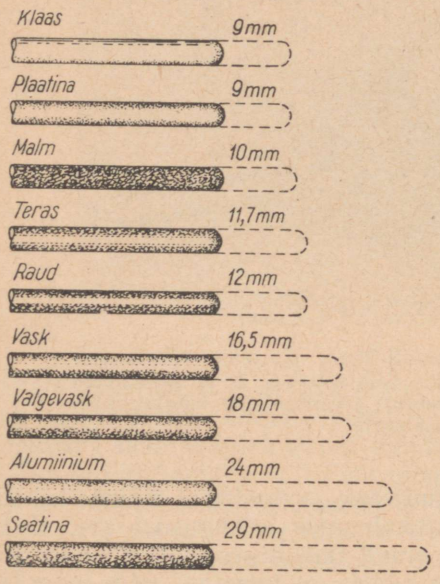
Demonstratsioon-katsete kohta vt. II k., § 36, 2, 5 ja 6.

6. Erikaalu suuruse muutumine. Kehade paisumise kohta saadud teadmiste põhjal ei ole raske anda kujutlust selle kohta, et temperatuuri alanemisel ained muutuvad „tihedamaks" ja järelikult nende erikaal suureneb. On endastmõistetav, et sama küsimust tuleb vaa-

delda ka temperatuuri tõusu kohta. Need järeldused osutuvad väga tähtsaiks järgnevas teemas, selleks et seletada tõusvate vooluste tekkimist vedelikkudes ja gaasides nende soojenemisel (konvektsiooninähtust).

Vee kohta konstateeritakse, et temal on erandina suurim tihedus temperatuuril 4°. Tunduvat kasu toob diagrammi kasutamine, mis on sarnane joonisel 151 näidatuga. See nähtus on vajalik selleks, et edaspidi seletada jää tekkimist veekogudes, alates pinnast (joon. 152). Katsete metoodika ja tehnika kohta vt. II k., § **36** ja joon. 249 ning 250.

7. Tähtsus tehnikas. Paisumise ja kokkutõmbumise tähtsust tehnikas arutatakse ülalmainitud küsimuste varal. Seda küsimust selgitatakse ka vastavate küsimus-ülesannete lahendamise teel. On soovitav demonstreerida katset, mis näitab, et ruumala ja pikkuse soojusmuutustel tekivad tohutud jõud (vt. II k., joon. 253).



Joon. 155. 10 *m* pikkusega varbade termilise pikenemise diagramm nende soojenemisel 100° võrra.

8. Ajaloolised teatmed. Lühikeste ajalooliste teatmete ettetoomine on vältimatu termomeetri leiutamise ja selle leiutise tähtsuse vaatlemisel. Kui ühte esimesi leiutajaid tuleb nimetada G a l i l e i'd, kelle nimega on õpilased kokku puutunud õhurõhu tundmaõppimisel.

9. Ülesanded. Kehade paisumise kohta on olemas suur hulk küsimus-ülesandeid, mis illustreerivad vaadeldavaid nähtusi tehnika ja igapäevase elu valdkonnas. On võimalik, kuid kaugeltki mitte kohustuslik, lahendada üks-kaks ülesannet, mis annaks kujutluse mõningate kehade pikkuse muutumise suurusest soojendamisel, näiteks umbes järgmine:

Vasktraadi pikkus on temperatuuril —20° 500 *m*. Kui suur on tema pikkus temperatuuril +10°, kui on teada, et soojenemisel 1° võrra üks meeter traati pikeneb 0,018 mm võrra?

10. Laboratoorne töö. Harjumust kasutada termomeetrit tuleb arvata kõige tähtsamate hulka. Seepärast on väga soovitav korral-

dada laboratoorne töö selleks, et kätte õpetada õpilastele temperatuuri tegelikku mõõtmist termomeetriga. Pärast tutvumist termomeetri kasutamise reeglitega (vt. II k., § 65) antakse õpilastele ülesandeks jälgida keemiseni soojendatava vee temperatuuri käiku ja ehitada vastav graafik (joon. 41). Samuti on kasulik lasta õpilastel oma katsel veelkord veenduda, et sulava jää temperatuur on 0°, keeva vee temperatuur aga 100°.

11. **Näitlikud vahendid.** On kasulik demonstreerida küllalt suures mõõtkavas aegsasti valmistatud graafikut mingi protsessi (joon. 41 ja 153) temperatuuri käigust ja diagrammi, mis näitab tahkete kehade pikenemist soojenemisel (joon. 155). Kehade soojuspaisumise tähtsuse seletamisel tehnikas tuleb näidata diapositiive või episkoobiliselt projitseerida vastavaid pilte raamatust.

12. **Kodune töö.** Peale vastuste leidmise mõnedele küsimus-ülesannetele õpikust on soovitav näidata õpilastele, kuidas on võimalik kodustes tingimustes veenduda kehade paisumises (nõela pikenemine, õhuga täidetud pudelikest sulgeva kummikelme kõmmisurumine jms.). Õpilastele, kellel on kodus termomeeter, võib anda ülesandeks valmistada õhu temperatuuri käigu graafik teatava ajaperioodi jooksul.

13. **Klassivälised tööd.** Ringitööde jaoks vaadeldava teema kohta on soovitav lihtsustatud riistade ehitamine ja katsete variantide sooritamine täienduseks klassis näidatuile. Suurt huvi pakub õpilastele jutustus sellest, kuidas vene inseneride poolt on soojuspaisumist kasutatud hoone kalduvajunud seinte sirgeksajamiseks ja raudteesilla kandmiku edasiviimiseks.

§ 72. Soojuse edasiandumine.

Demonstratsioon-katsed — vt. II k., § 37.

1. **Sisu:** a) Üldteatmeid soojuse edasiandumisest. b) Tõusev voolus gaasi soojendamisel. Konvektsioon. Kasutamine tehnikas. c) Konvektsioon vedelikkudes. Konvektsiooni kasutamise näiteid igapäevases elus ja tehnikas. d) Soojusjuhtivus. Head ja halvad soojusjuhid. e) Soojusjuhtivuse näiteid igapäevases elus ja tehnikas. f) Kiirgamise ja neeldumise mõiste. g) Soojuse edasiandumise näiteid looduses — päikesekiirgus, tuuled, merehoovused.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Käesoleva teema eesmärgiks on selgitada põhimist juhtlauset, et soojus kandub edasi enamsoojenenud kehalt vähemsoojenenud kehale (3. jagu), ja tundma õppida soojuse edasiandumise põhiliike — soojusjuhtivust ning konvektsiooni, tutvustada aga ka kiirgamise ja neeldumise nähtustega. Käesolevale teemale on iseloomulik, et õpilastel on sel alal kaunis suur varu igapäevasest elust saadud tegelikke teadmisi ja kogemusi. Seepärast

tuleb teema käsitlusel lähtuda neist teadmistest selleks, et neid süstematiseerida, täiendada, täpsustada ja lõpuks üldistada; selleks tuleb laialdaselt kasutada vastavate katsete demonstreerimisi.

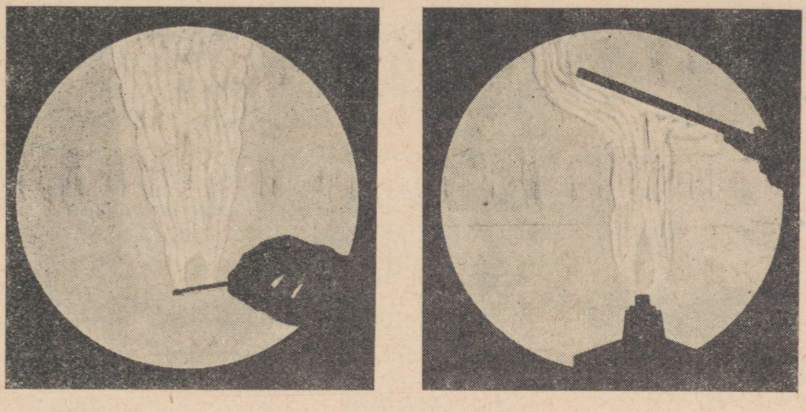
Soojusjuhtivuse ja konvektsiooni tundmaõppimine ei tekita õpilastele raskusi, kui õpetaja oskab valida ja käsitella olemasolevast suurest materjali hulgast ainult kõige olulisemat, heites kõrvale kõik vähemolulise. Demonstratsioon-katsete suhtes tuleb asuda sellelesamale seisukohale, sest katsete hulk, mida üldse saab näidata sel teemal, on väga suur (vt. II k., § 37, 1—4 ja 6—11). Kiirgamis- ja neeldumisküsimuse käsitlus aga ümberpöördult — põhjustab suuri raskusi, sest ei teadmiste ulatus ega õpilaste areng ei võimalda selgitada neile nähtuse olemust, seda enam, et demonstratsioon-katsed selle küsimuse kohta on keerukad ega ole kaugeltki alati selged ning veenvad. Seepärast tuleb käsitlemisel piirduda osutustega mõningatele faktidele ja jättes küsimuse ilmselt lõpetamata, võtta see uuesti üles ja lahendada täielikumalt optika kursuse lõpus, kus tuleb rääkida nähtamatuist kiirtest (§ 110). Tuleb arvestada ka selle teema iseärasust, mis seisab selles, et teadmised soojuse edasiandumise kohta on õpilaste jaoks suure tegeliku tähtusega, mitte ainult seletades neile soojuse edasiandumise viise ja soojuskaitse võtteid, vaid ka õpetades neile selles valdkonnas paljugi, mis on vahetult kasutatav nende igapäevases elus.

Peale selle tuleb teemat kasutada soojuse edasiandumise seletamiseks sellistes loodusnähtustes, nagu soojendamine Päikese poolt, tuuled ja merehoovused.

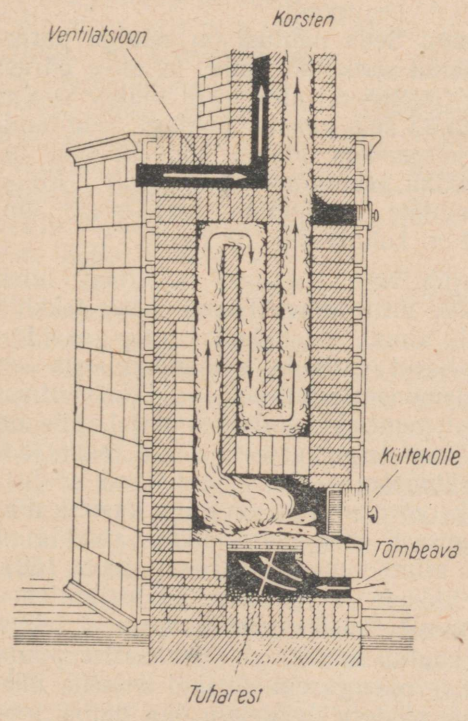
Käsitluse korra kohta tuleb märkida järgmist. On täiesti võimalik alata soojusjuhtivuse küsimuse õppimisest, kuid metoodiliselt on kasulikum võtta esimesena käsitlemisele konvektsiooninähtus. Tõepoolest, selles nähtuses on soojuse ülekandumine seotud aine ümberpaigutamisega, mis esineb vahetult katses ja on õpilastele arusaadavam kui „millegi" levimine soojusjuhtivuse nähtustes. Kui aga on kasutusele võetud molekulaar-kineetilise teooria algmed, siis saab soojusjuhtivuse nähtus elementaarse seletuse selle alusel. Teema õppimise lõpuks tuleb selgitada soojusjuhtivuse ja konvektsiooni vahekorra küsimust (nimelt soojusjuhtivuse osast konvektsioonis), soojuse edasiandumist kuumalt külmale ja et soojuse edasiandumise kõik viisid on olemas üheaegselt.

3. Soojuse edasiandumine. Teema käsitlust tuleb alata üldküsimustest, milledel on põhimõtteline tähtsus. Õpilaste elust saadud teadmiste alusel tuleb selgitada nendega kaks järgmist juhtlauset: 1) soojus andub edasi enamsoojenenud kehalt vähemsoojenenule, kusjuures esimene neist jahtub, teine aga soojeneb, ja 2) keha soojendamiseks on küllaldane soojendada teda mistahes kohast, soojus aga levib seejuures lõpuks üle kogu keha. Järeldusteks võib alati leida rea fakte, mis on õpilastele hästi tuntud nende igapäevase elu kogemustest; katse osutub sageli ülearuseks, kuid faktide konkreti-

seerimiseks ja näitlikkuse loomiseks tuleb küsimuste esitamisel näidata neid objekte, milledest on juttu. Käsitlus ehitatakse seejuures näiteks nii: „Siin on külm triikraud ja tuline elektripliit" — räägib



Joon. 156. Tõusvad õhuvoolud variprojektsioonis.



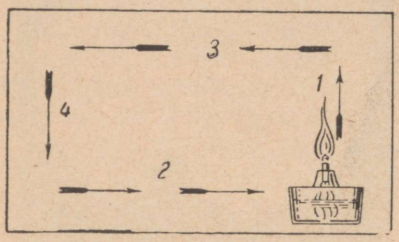
Joon. 157. Hollandi ahju ehitus (lihtsustatud kujul).

õpetaja ja näitab neid objekte. — „Kui ma asetan triikraua pliidile, mis siis hakkab toimuma triikrauaga?" jms.

4. Konvektsioon gaasides. Enne kui fikseerida mõistet konvektsioonist kui ringkäigust, tuleb näidata õpilastele katse abil põhinähtus, nimelt et soojendatud keha kohal tekib õhus tõusev voolus. Seda tehakse ilmsiks võrdlemisi lihtsal viisil (suits, virel); suurimat veendumust aga saavutatakse variprojektsiooni abil (joon. 156). Edasi tehakse kindlaks vooluse tugevnemine toru kasutamisel, võetakse kasutusele tõmbemõiste ja tehakse ilmsiks, et külma õhku asendav juurdevool tuleb alt. Seletust sellele nähtusele võib anda viitega õhu eri-

kaalu vähenemisele soojenemisel (§ 71, 6) ja Arhimedese seadusele (§ 67, 5). Juba üksi selle fakti tundmaõppimine võimaldab anda seletuse petrooleumilambi, tahiga petrooleumiköögi, raud- ja hollandi ahju (joon. 157), ventilatsiooni, ahju õhuaukude töötamisele jms.

Konvektsiooninähtusele gaasides on kerge läheneda, esitades küsimuse selle kohta, kuidas hakkab liikuma õhk karbikeses, kui asetada soojusallikas alla ühte nurka (joon. 158). Õpilased märgivad esialgu ühe noolekese (1), siis teise (2) ja lõpuks noolekesed (3) ja (4). Tehtud järeldust kinnitatakse katsega suitsu ringkäigust, mida soojendatakse kahes U-kujulises torus; katse ei ole metoodiliselt täiesti laitmatu, kuna torud on juhtkanaliteks. Lõpuks pärast näidete vaatlemist tehnikast ja loodusest (9. jagu) tuleb selgitada, et konvektsiooni ei saa tekkida anumas gaasi soojendamisel pealtpoolt.



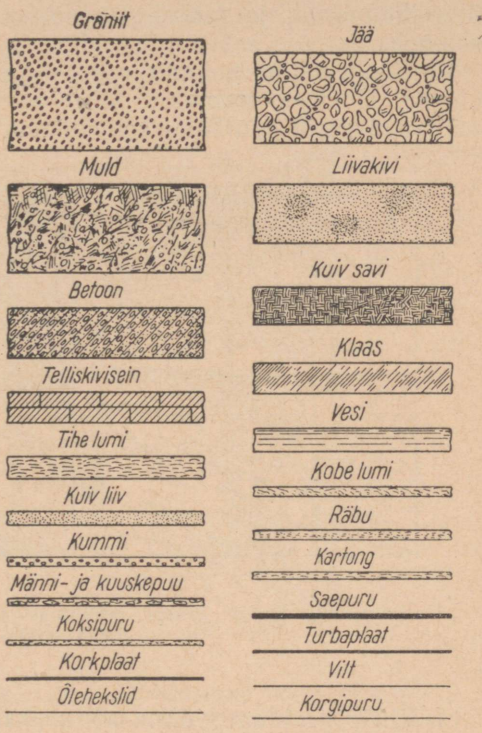
Joon. 158. Konvektsiooni tekkimise skeem.

5. Konvektsioon vedelikkudes. Seda nähtust on esialgu parem esile tuua torus, millel on suletud ristküliku kuju, ja alles pärast seda kolvis või keeduklaasis. Seletused, miks tekib tõusev voolus ja siis ringkäik, antakse needsamad, mis gaaside kohtagi. Selgitamisele kuulub ka küsimus selle kohta, kas toimub konvektsioon nii soojendamisel alt- kui ka vedeliku jahutamisel pealtpoolt. Kõige tüüpilisemate konvektsiooni näidete vaatlemine igapäevase elu, tehnika ja looduse valdkonnast on kohustuslik (9. jagu).

6. Soojusjuhtivus. Soojusjuhtivuse küsimuse käsitlust tuleb alata põhjuse nimetamisest, mille tõttu konvektsioon ei saa tekkida tahketes kehades ja on võimalik ainult vedelikkudes ning gaasides. Katse mitmesugustest materjalidest varbade soojendamisega on mitte ainult soojusjuhtivuse demonstreerimiseks, vaid ka mitmesuguse soojusjuhtivuse ilmsikstegemiseks. Faktide põhjal, mis on õpilastele tuttavad nende isiklikest kogemustest, ei ole raske jaotada soojusjuhte kaheks põhirühmaks — head ja halvad soojusjuhid. Soojusjuhtivuse näitlikuks võrdlemiseks on väga kasulik diagramm, mis näitab mitmesugusest ehitusmaterjalist valmistatud ühesuguse soojusisolatsiooniga seinte suhtelist paksust (joon. 159).

Edasi tekib iseendast vedelikkude ja gaaside soojusjuhtivuse küsimus. Vee halba soojusjuhtivust ilmsiks teha katsega ei tekita raskusi; selliste katsete hulka kuulub näiteks vee pealpoolse pinna soojendamine. Kuid pole olemas niisuguseid lihtsaid katseid, millede abil võiks vahetult selgesti näidata õpilastele õhu halba soojusjuhtivust.

Vee halb soojusjuhtivus võib olla seletuseks tema aeglasele jahtumisele loomulikes veekogudes (joon. 152). Palju suurema tähtsusega õpilastele on õhu vähese soojusjuhtivuse küsimus. Just selle nähtusega seletub halb soojuse edasiandumine läbi mitmesuguste poorsete materjalide, mida kasutatakse elamute ehitamiseks, riiete valmistamiseks jms. (9. jagu). Küsimuse käsitlus lõpetatakse rea näidetega heade ja halbade soojusjuhtide kasutamisest ja tähtsusest.



Joon. 159. Mitmesugustest ainetest tehtud ühesuguse soojusisolatsiooniga plaatide suhteline paksus.

7. Kiirgamine ja neeldumine. Pärast soojusjuhtivuse ja konvektsiooninähtuste tundmaõppimist selgitatakse õpilastele, et soojuse edasiandumine toimub läbi aine, ja kui kahe keha vahel, mis on teataval kaugusel teineteisest, ei ole ainet, siis pole võimalikud ei konvektsioon ega soojusjuhtivus. Järelduseks oleks näide, et õhutühi ruum soojust ei juhi. Kuid Maa pinna soojenemine Päikese poolt räägib sellele vastu ja seab õpilaste ette küsimuse veel uuest soojuse edasiandumise viisist läbi õhutühja ruumi. Tunniks ettevalmistamisel sellele teemale peab õpetaja juhtima kõige tõsisemat tähelepanu selle käsitlemise metoodikale, selleks et mitte anda õpilastele väära kujutlust „kiirgava soojuse" olemasolust ja soojenemise tekkimisest eriliste nähtamatute kiirte poolt. Üheks kõige õigemaks teeks küsimuse valgustamiseks on järgmine. Katsete abil ja näidete varal elu praksisest selgitatakse:

1) Valguse kiired, langedes kehale ja olles neelatud tema poolt, tekitavad tema soojenemise.

2) Paberist, kartongist või teisest mitteläbipaistvast materjalist ekraani asetamisel kiirte teele keha soojenemine lõpeb.

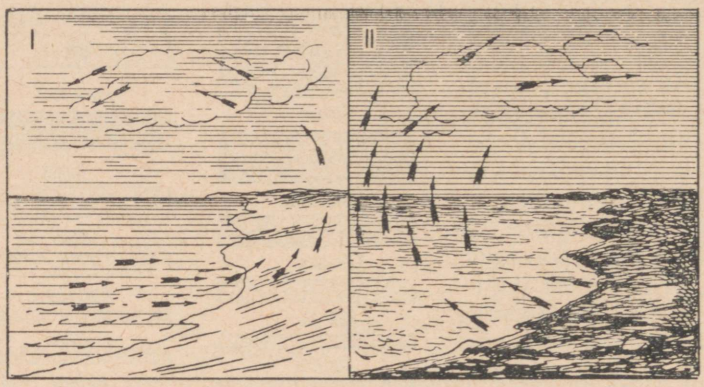
3) Ekraani asendamisel klaasiga keha soojenemise efekt tugevasti väheneb, võrreldes esimese juhuga, kuid klaas ise soojeneb; see viib mõttele silmale nähtamatute kiirte olemasolust, mis kinni peetakse ja neelatakse klaasi poolt.

4) Musta pinnaga keha neeldumisvõime on suurem kui valge või läikiva pinnaga keha oma.

Niisiis peavad õpilased saama teatmeid:

a) Iga soojendatud keha saadab välja kiiri, olgu nad nähtavad või nähtamatud, ja jahtub sealjuures. Keha, mis neelab kiiri, soojeneb.

b) Soojenemine toimub mitte ainult valguskiirte neeldumisel, vaid ka eriliste nähtamatute kiirte neeldumisel, kusjuures viimased avaldavad palju suuremat soojendavat toimet.



Joon. 160. Briisi (vinu) tekkimise skeem — päeval (I) ja öösel (II).

c) Kiirte neeldumisvõime sõltub keha pinna omadustest.

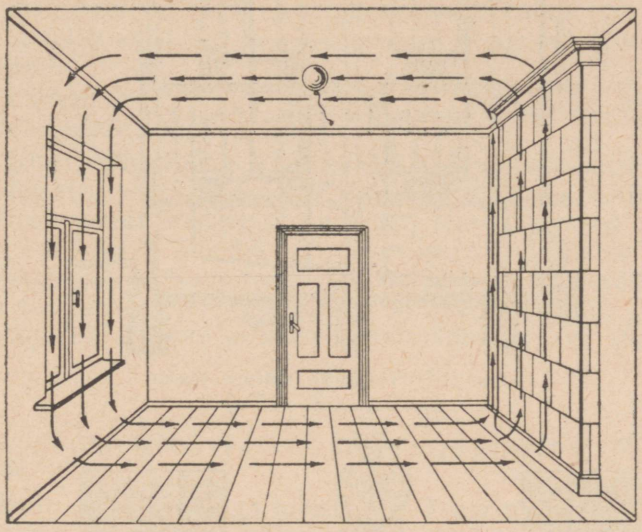
Küsimuse käsitlemisel on väga oluline, et õpilased aru saaksid, et soojuse edasiandumise vaadeldud liik esineb mitte ainult õhus, vaid ka õhutühjas ruumis.

Märkimisväärsete raskuste tõttu kiirguse ja neeldumise küsimusest arusaamiseks ja omandamiseks tuleb peale demonstratsioonkatsete lugeda kohustuslikuks ka kodused katsed plaani järgi, mis on toodud ülalmainitud katsete kohta Päikese või küdeva ahju valguse ärakasutamisega. Kuivõrd need katsed sooritatakse individuaalselt, sedavõrd võivad õpilased otsustada soojenemise efekti üle enda aistingute järgi. Koolitöö praktika näitab sellise koduse laboratoorse töö erilist väärtust küsimuse mõistmiseks. Töö täitmisel tuleb silmas pidada instruktsiooni, mis täpselt kirjutab ette vaatluste sisu ja järjekorra.

8. Soojuse edasiandumise näiteid looduses. Teema lõpuks on kohustuslik vaadelda soojuse edasiandmise näiteid looduslikkudes tingimustes. Selleks tuleb läbi arutada tuule tekkimise põhjused lihtsamal juhul (briisid) (joon. 160) ja soojade hoovuste tähtsus ookeanides (Golfi hoovus). Samuti on võimalik ja kasulik selgitada

küsimust, miks toimub jää tekkimine veekogudes alates vee pinnalt (joon. 152).

9. Soojuse edasiandumise tähtsus igapäevases elus ja tehnikas. Nagu nimetasime, vaadeldakse pärast iga konvektsiooni- ja soojusjuhtivuse-küsimuse käsitlemist näiteid igapäevasest elust, kus need nähtused esinevad. Konvektsiooninähtust gaasides kasutatakse peale toodud juhtude (4. jagu) õhu soojenemise seletamiseks tubades

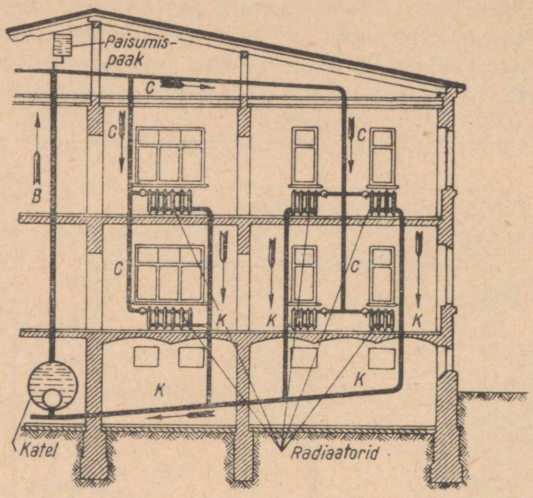


Joon. 161. Katse laste õhupalliga konvektsiooni ilmsikstegemiseks toas.

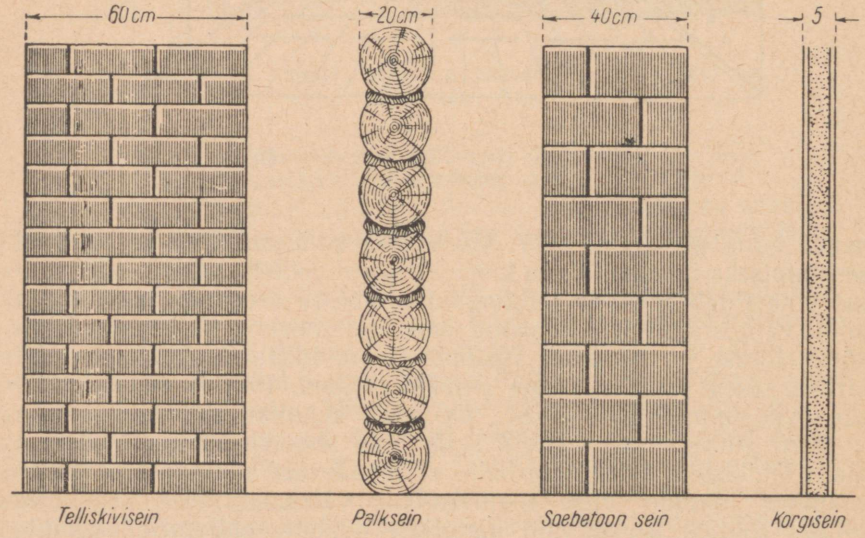
nende kütmisel (joon. 161). Mõnevõrra väiksemad on võimalused seostamiseks tegeliku eluga konvektsioonil vedelikkudes — see nähtus võimaldab seletada mõningaid protsesse vee soojendamisel ja toidu valmistamisel. Linnakooli jaoks on suurima tähtsusega vesikütte ehituse ja töötamise küsimus (joon. 162); maakoolis on otstarbekohasem kulutada aega ahjukütte (joon. 157) ja soojusisolatsiooni küsimuse vaatlemiseks, vastavalt kohaliku elu tingimustele.

Eriti suure hulga näiteid saab tuua soojusjuhtivuse küsimuse alalt. Õpilastele tuleb selgitada, et igapäevase elu praktika vajab enamikel juhtudel viise soojuskadude vähendamiseks, kasutades selleks soojust isoleerivaid materjale elamute ehitamisel, voodite korraldamisel, riietuse valmistamisel jms. Kuid need samad viisid osutuvad mõjusateks ka ümberpöördud suunatluses, kui on tarvis seda või teist objekti kaitsta soojuse ligipääsu eest (külmutushooned, keldrid, soojust isoleerivad kastid, termospudelid jms.). Tähtis on osutada ka soojust isoleerivate käepidemete otstarbele triikraudadel, teekannudel jms.

10. Ülesanded ja kodused tööd. Igas õpikus võib leida käesoleva teema kohta rikkaliku hulga küsimus-ülesandeid, mis kuuluvad peamiselt igapäevase elu praktikasse. Neid ülesandeid tuleb anda



Joon. 162. Vesiküttе ehituse skeem.



Joon. 163. Ühesuguse soojusisolatsiooniga majaseinte võrdlev paksus.

õpilastele kõige suuremal määral nii teema käsitlusel klassis kui ka lahendamiseks kodus. Nende ülesannete sisu sõltub osaliselt sellest, kas kool on linna- või maakool. Tähtsamate koduste ülesannete

hulka kuulub kiirte neeldumise vaatluste organiseerimine (7. jagu). Suurt huvi pakub katse sooritamine „õhupalliga" konvektsioonvoolude esiletoomiseks toas (joon. 161).

11. Õppevahendid. Soojusjuhtivuse näitlikuks võrdlemiseks on vajalik eespoolnimetatud diagramm (joon. 159). Tema kasutamisel on soovitav jaotada õpilastele mõningaid soojusisolaatorite näidiseid selleks, et õpilased pööraksid tähelepanu nende struktuuri poorsusele. Ahjude, ventilatsiooni ja vesikütte ehituse seletamisel on vajalikud seinapildid, mis on aegsasti valmistatud omade jõududega, või tuleb episkoobiga projitseerida vastavaid illustratsioone raamatust.

12. Ekskursioon. Väga soovitav on korraldada ekskursioon vesiküttе vaatlemiseks (vt. § 29).

13. Klassivälised tööd. Ringi töödel võib näidata katseid, mis on klassis demonstreeritute variantideks, sealhulgas vee keetmist paberist karbis, paberi kõrbemist puuklotsi sisse torgatud rõhknaelte ümber (joon. 86). Katsete põhjal on kasulik vaadelda ka Davy' lambi ehitust ja selgitada tema tähtsust kivisöekaevandustes. Suure tegeliku tähtsusega, eriti maakohas, on õpetaja vestlus elamu ehitusest soojusisolatsiooni ja kütmise seisukohalt (joon. 163).

§ 73. Soojushulk.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 38 ja 66.

1. Sisu: a) Soojushulga mõiste. b) Tema mõõtühikud — kalor ja kilokalor. c) Kütuse küteväärtus. d) Soojendaja kasuteguri mõiste. e) Laboratoorne töö: soojendaja kasuteguri määramine. f) Mitmesuguste ainete soojendamiseks vajalik soojus. g) Erisoojus. h) Laboratoorne töö: erisoojuse määramine.

2. Metoodilisi märkmeid. Nagu näitab praktika, osutub soojushulga mõiste õpilastele raskeks. Selle põhjuseks on esiteks see, et vaadeldav mõiste puudub, või õigemini — on vähe kasutatav igapäevases elus; teiseks ei ole see mõiste seotud õpilaste meeleliste kujutlustega ehk aistingutega ja otsused tema kohta on võimalikud ainult rea teiste tegurite (temperatuur, mass ja erisoojus) põhjal; kolmandaks segavad õpilased teda kergesti temperatuuri mõistega; neljandaks puudub katse, mis selgelt ja seejuures vahetult viiks mõiste defineerimisele. Soojushulga mõiste ei saa tekkida mingi ühe või isegi mitme katse põhjal; tema kujundamiseks on vajalik pikaajaline loogilise mõtlemise tee rea kehade tüüpiliste soojendamise juhtude kõrvutamisega. Soojushulga küsimuse tundmaõppimisel tuleb õpilastel kõige vähem midagi „pähe õppida"; on vajalik, et nad õpiksid mõtlema ja läheneksid mõiste defineerimisele loogiliste järelduste kindlat teed. Kuna demonstratsioon-katse puudub, siis omandavad selle teema õppimisel eriliselt suure tähtsuse laboratoorsed tööd. Suur tähtsus on ka vastavate ülesannete lahendamisel. Kuid

kasutades neid, peab õpetaja pidama meeles, et nad on mitte niipalju soojushulkade arvutamise õpetamiseks, kuipalju konkreetseteks näideteks, selleks et avada soojushulga mõiste ja teiste temaga seotud mõistete — küttevääruse ja erisoojuse tähendus. Mingit soojushulga mõiste definitsiooni selle teema käsitlemisel anda ei saa; tema füüsikalise tähenduse saab avada alles pärast seda, kui on kasutusele võetud mõiste energiast ja soojusest kui ühest energia liigist.

3. Soojushulga mõiste. Kõige lihtsamaks teeks, mis viib õpilasi kujutlusele soojushulgast, on see, mille puhul võetakse arvesse kõik teatmed juba läbivõetud teemadest. Selliste teatmete hulka kuulub ka igapäevase elu faktide tundmine kehade soojendamisest ühtede või teiste soojusallikate abil. Need teatmed tuleb taastada õpilaste mälus ja analüüsida kindlas järjekorras. Peale selle tuleb abiks võtta katsed, tehes need käsitluse aluseks, kui lihtsad nad ka ei näi olevat. Raskused katsetel käesolevas ja järgnevas teemas seisavad osalt selles, et õpilased ei saa lugeda temperatuuri demonstratsioonilaual olevalt termomeetrilt. Seepärast, kui küsimus on temperatuuri umbkaudsest võrdlemisest, siis tuleb abiks võtta kaudsed tunnused, nagu näiteks keevasse vette lastud kehade temperatuuri võrdsus.

Kujutluse algmed soojushulgast kujunevad ühel ja samal soojusallikal, muude tingimuste võrdsusel, erinevate ainehulkade soojenemise kõrvutamise põhjal. Kõigepealt selgitatakse küsimus, et ühest ja samast allikast, sõltuvalt ajast, võib saada mitmesuguseid soojushulki, kusjuures selle oskussõna kohta ei anta mingit definitsiooni, piirdudes vaid tema mõttelise tähendusega. Pärast seda vaadeldakse ühesuguse aja jooksul soojenemise küsimust, s. o. ühesuguse soojushulga andmist ühe ja sama aine kahele erinevale hulgale, esialgu erinevatele veehulkadele, hiljem aga sedasama veele ja metallile. Ei ole raske katse abil kindlaks teha, et ühesuguse aja jooksul ühe ja sama aine mitmesugused hulgad soojenevad mitmesuguste temperatuurideni, s. o. mida enam on ainet, seda vähema temperatuurini ta soojeneb sama aja jooksul. Katse traadikese hõõgutamisega kuni punase hõõgumiseni on objektiivseks tunnuseks otsustamiseks temperatuuri üle; massiivne kaaluviht soojeneb sama aja jooksul vähe, mida õpetaja võib näidata, hoides teda käes. Selleks et esile tuua väikese ja suure veehulga erinevat temperatuuri, tuleb viia teda katseklaasis kuni keemiseni, kuna suures koguses vesi vaevalt soojeneb, mida tuntakse kompimise teel.

Enne soojushulgaühikute kasutuselevõtmist on väga tähtis lahendada rida ülesandeid, mis aitavad selgitada kasutuselevõetavat mõistet, näiteks selliseid:

I. Soojendatakse 5 *kg* ja siis 1 *kg* vett 20° võrra. Kas selleks vajatakse ühesugust soojushulka?

II. Kaks ühesugust annust vett on soojendatud ühel juhul 20° ja teisel 40° võrra. Kummal juhul on vajalik soojushulk suurem ja mitu korda?

III. Triikrauale ja väikesele malmvihile on antud ühesugune soojushulk. Kumb ese soojeneb kõrgema temperatuurini?

Tunni selle osa tulemusena peavad õpilased saama järgmised kujutlused: 1) soojushulk on suurus, s. o. ta võib olla suurem ja väiksem; 2) temperatuur ja soojushulk on täiesti erinevad mõisted; 3) keha temperatuur sõltub mitte ainult temale antud soojushulgast, vaid ka aine hulgast [1]; 4) soojendamiseks vajalik soojushulk sõltub (võrdeliselt) aine hulgast ja soojenduskraadide arvust.

4. Kalor. Sellekohane ettevalmistus lubab fikseerida soojushulgaühikute — kalori ja kilokalori definitsiooni ja kindlaks määrata nende vahekorra. Olles näidanud, kuidas toimub nende ühikute kirjapanek, tuleb üle minna soojushulga arvutamise treening-ülesannete lahendamisele, andes esialgu lihtsuse mõttes temperatuuride vahe ja alles hiljem anda õpilastele arvutada iseseisvalt see vahe antud piiride järgi. Lahendada tuleb eranditult aritmeetilisel teel, harjutades õpilasi arutlusteks ja kirjapanekuteks, nagu on järgmine:

1 *g* vett, soojenedes 1° võrra, vajab 1 *cal*
10 *g* „ „ 1° „ „ 10 *cal*
10 *g* „ „ 15° „ „ $10 \cdot 15 = 150$ *cal.*

Küsimust kalorimeetri ehitusest, kui riistast soojushulga mõõtmiseks, on parem vaadelda hiljem — soojusmahtuvuse tundmaõppimisel.

5. Kütuse kütteväärtus. Kütuse kütteväärtuse mõiste võetakse kasutusele näidete põhjal igapäevasest elust ja tehnikast. Katset kütteväärtuste võrdlemiseks korraldada on aga kaunis raske. Kütteväärtuste [2] suuruste iseloomustamiseks on kasulik jaotada kütused 3-ks põhirühmaks: 1) puud, turvas, piiritus, valgustusgaas [3]; 2) kivisüsi; 3) petrooleum, bensiin, antratsiit — ja soovitada meeles pidada esimese rühma kütteväärtuse suurusena umbes 3500 *kcal*; teise rühma kütteväärtust võiks võtta siis ligikaudu 3500×2 *kcal* ja kolmandal — 3500×3 *kcal.*

Treeningülesannete lahendamist tuleb alata kõige lihtsamaist, nimelt soojushulga arvutamisest, mida saadakse kütuse põletamisel, ja siis, ettevalmistuseks laboratoorsele tööle, üle minna keerukamat tüüpi ülesannetele — kütuse hulga määramisele andmete: vee hulga, tema alg- ja lõpptemperatuuri järgi. Lõpuks võetakse kasutusele soojendajate kasuteguri mõiste ja iseloomustatakse abinõusid tema tõstmiseks. Kütteväärtuse ja soojendajate kasuteguri küsimus saab õpilastele selgeks ainult vastava laboratoorse töö sooritamise tingimusel. Kasuteguri mõiste võetakse kasutusele kui mõiste kasulikult ärakasutatud ja põlemisel saadud soojushulga suhtest.

6. Erisoojus. Erisoojuse mõiste tehakse kindlaks katsega parafiini või vaha sulatamisega kehade poolt, mis on erinevast ainest ning ühesuguse massiga ja on soojendatud ühesuguse temperatuu-

[1] Sõltuvusest ainest meelega vaigitakse.
[2] Kütteväärtust mõõdetakse soojushulgaga (kilokalorites), mis saadakse 1 *kg* kütuse täielikul ärapõlemisel.
[3] Kivisöe kuivdestilleerimise saadus.

rini. Erisoojuste tabeliandmeid tutvustatakse ja uuritakse mitte kõigi suuruste meelespidamiseks, vaid järgmiste tegurite esiletoomiseks: 1) suurim erisoojus on veel, 2) vee erisoojus võrdub 1 $\frac{cal}{g \cdot kraad}$ ja 3) enamiku ainete (metallide) erisoojused väljenduvad ühiku kümnendikosadega. Sellele järgneb mõne treening-ülesande lahendamine keha soojendamiseks vajaliku soojushulga arvutamiseks. Arutlus ja kirjapanek toimub seejuures nii, nagu see on näidatud § 38, 2. Alles pärast seda, kui õpilased hakkavad hästi toime tulema selliste arvutlustega, võib, kuid pole kohustuslik, kasutusele võtta tähised ja anda valemi:

Soojushulk = erisoojus × ainehulk × temperatuuride vahe

$$Q = c \cdot m(t_2 - t_1).$$

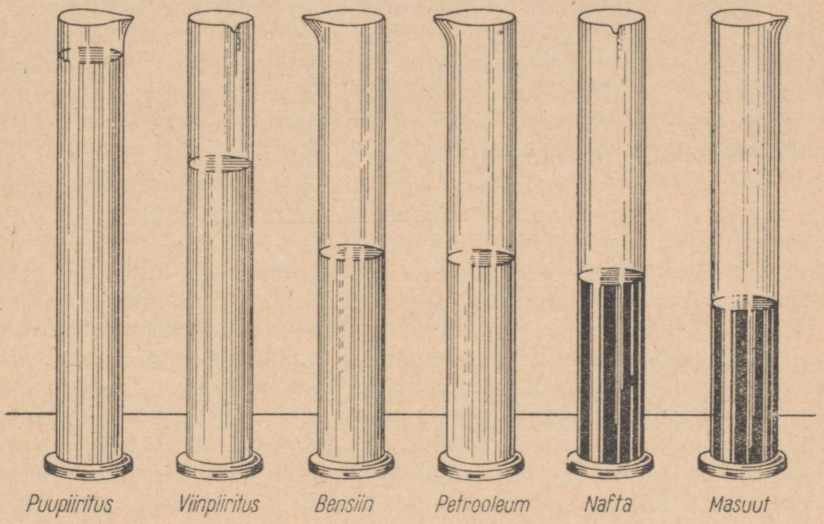
Edasi tekib küsimus, kuidas toimub erisoojuse mõõtmine. Selleks tuleb tutvustada õpilasi kalorimeetrilise mõõtmismeetodiga ja kalorimeetri ehitusega. Viimase kirjeldamisel tuleb juhtida õpilaste tähelepanu lihtsamatele abinõudele soojuskadude vähendamiseks soojust isoleeriva kihi kujul. Nimetades kahe poleeritud anumaga kalorimeetrit, mida kasutatakse teaduslikeks mõõtmisteks, võib piirduda kõige üldisema iseloomustusega (kahekordne anum, peegelkiht). Pärast seda on kasulik ettevalmistuseks laboratoorsele tööle lahendada ülesanne erisoojuse määramiseks kalorimeetrilisel teel. Arvutused toimuvad, nagu oli juba öeldud, aritmeetilisel teel (soojusliku tasakaalu võrrandit ei anta); Rihmani ülesannet temperatuuri määramise kohta vee segamisel kui lahendamiseks võrdlemisi keerukat seitsmeklassilises koolis ei saa soovitada.

7. Laboratoorsed tööd. Käesoleva teema käsitlemisel on laboratoorsetel töödel eriti suur tähtsus. Alles pärast nende sooritamist tekib õpilastel vajalik kujutlus soojushulga, erisoojuse, kütuse kütteväärtuse ja soojendaja kasuteguri mõiste kohta. Kui teistes füüsika osades võib mõistete kujunemine toetuda demonstratsioonkatsele, siis käesoleva teema korral õpetaja pigemini jutustab õpitavaist nähtustest, kui näitab neid. Ülalmainitud küsimuste tundmaõppimine on võimalik ainult individuaalsete katsete põhjal, mida sooritavad õpilased ise. Antud laboratoorsete tööde otstarve seisab veel selles, et õpilased omandaksid mõõtmise oskusi termomeetri ja kalorimeetriga ning tutvuksid ka abinõudega, mida rakendatakse soojuskadude vähendamiseks. Laboratoorseid töid tuleb sooritada vähemalt kaks: üks — soojendaja kasuteguri ja teine — mingi tahke keha erisoojuse määramiseks.

8. Tähtsus tehnikas. Kütuse kütteväärtuse käsitlemisel on oluline osutada kõrgekaloriliste kütuse sortide tähtsusele tehnikas. Tegeliku tähtsusega on õpetaja selgitus soojuse varumise ja tema tagasiandmise erinevuse kohta raud- ja kiviahjude poolt, — nähtustest, mis on seotud mitte ainult massi ja erisoojusega, vaid ka soo-

jusjuhtivusega. Samuti tuleb selgitada paremuse küsimust, mis sõltub vee tunduvast erisoojusest vesiküttes. Loodusnähtustest tuleb anda kujutlus veekogude soojendamisest Päikese poolt madalama temperatuurini võrreldes mandriga ja vee soojuse tagasiandmisest öö ajal, merede ja merehoovuste mõjust ranniku kliimale.

9. Näitlikud vahendid. Kütuse kütteväärtuse (joon. 164) ja erisoojuse suuruse vaatlemisel tuleb kasutada vastavaid diagramme. Samuti on oluline, et õpilased saaksid kujutluse mitmesuguste kütuse sortide välisest kujust, milleks tuleb näidata nende näidiseid



Joon. 164. Kütteväärtuste diagramm. Mitmesuguste vedelkütuse liikide hulgad (ruumalad), mis oma ärapõlemisel annavad võrdsed soojushulgad.

(turvas, mitmesugused söed, vedelkütus). Väga kasulik on riputada klassi seinale diagramm, mis tutvustaks mitmesuguste koduse majapidamise soojendusriistade (elektriteekann või -kastrul, priimus, tahiga petrooleumiköök jms.) kasuteguriga. Tegeliku tähtsusega, eriti maakohas, on ka diagramm, mis võrdleb mitmesuguste puusortide kütteväärtusi mahu (joon. 44) ja kaalu järgi.

10. Ülesanded ja kodused tööd. Ülesandeid koduseks lahendamiseks tuleb valida sama tüüpi kui klassiski lahendatavad. Lõpuks on soovitav anda ülesandeid, mis vastaksid mingitele konkreetsetele juhtudele soojendajatega ja oleksid osaliselt kordamiseks, nagu näiteks on järgmine:

Määrake petrooleumi hulk, mida tuleb ära põletada tahiga köögis (petrooleumikeetjas), selleks et soojendada 3 *l* vett kuni keemiseni, s. o. soojendada kuni 100°-ni, kui selle soojendaja kasutegur on 60%.[1]

[1] Viite puudumine algtemperatuuri kohta ei ole juhuslik. Ülesanne nõuab õpilase oletamist selle temperatuuri kohta.

Peale arvutusülesannete võib anda õpilastele koostada diagramme õpitavate suuruste näitlikuks võrdlemiseks.

11. Klassivälised tööd. Tänuväärseks klassivälise töö teemaks on: kütus ja selle tootmine, kütuse liigid. On soovitav laboratoorne töö vedela keha erisoojuse määramiseks.

§ 74. Sulamine.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 39, 1, 2 ning 4—6 ja 66, 6.

1. Sisu: a) Sulamine ja tahkumine. b) Erinevus kristalsete ja amorfsete kehade sulamises. c) Mõnede ainete sulamispunktid. d) Sulamissoojus. e) Sulamiseks tarvisminevate soojushulkade arvutlemised. f) Ruumala muutumine sulamisel. g) Kasutamine tehnikas. h) Laboratoorne töö: jää sulamissoojuse määramine.

2. Metoodilisi märkmeid. Eelneva teema õppimisel harjutati õpilasi mõttega, et soojushulkade andmine kehale viib temperatuuri tõusule ja et soojuskadudele kaasneb temperatuuri alanemine. Temperatuuri muutumise põhjal õpilased järeldasid, et keha kas kaotas vastavalt soojust või omandas seda. Sulamise ja auru tekkimise nähtus aga kulgeb muutumatul temperatuuril, vaatamata soojuse andmisele kehale. Seega viib nende nähtuste tundmaõppimine varemalt omandatud kujutluste „loogika" rikkumisele ja põhjustab teatavat nõutust kaduva või eralduva soojuse vaatlemisel. Õpetaja osutamised, et soojust vajatakse keha muundamiseks ühest olekust teise, ei ole veenvaks seletuseks. Teadmiste käesoleval etapil aga sügavamaid seletusi anda ei saa, ja seepärast tuleb selle küsimuse juurde tagasi tulla hiljem — molekulaar-kineetilise teooria elementide tundmaõppimisel.

Ülejäänud osas ei tekita teema „Sulamine" õpilastele raskusi, seda enam, et pole vajadust vaadelda võrdlemisi keerukat sulamispunkti sõltuvuse küsimust rõhust. Ülesannete lahendamisel peab õpetaja silmas pidama, et nende eesmärgiks on mitte arvutluste õpetamine, vaid arvutlusmeetodiga tutvustamine ja sulamisprotsessiga seotud mõistete selgitamine. Käesoleval teemal on võrreldes eelmisega see eelis, et ta võimaldab käsitlust märksa suurema hulga katsetega, mis kergendab küsimuste käsitlust õpetaja poolt ja nende tajumist õpilaste poolt.

Antud ja järgneva teema õppimisel on väga oluline rõhutada aine kolme oleku erinevust, vaatamata selle fakti lihtsusele. Sageli õpetaja unustab selle. Teema käsitlemisel on väga oluline anda õpilastele kujutlus NSV Liidus esimeste viisaastakute jooksul võimsa metallurgia baasi (malm, raud, teras, värvilised metallid) loomise ja arendamise tähtsusest. See baas võimaldas muuta meie kodumaa mahajäänud agraarmaast võimsaks tööstusriigiks.

3. Sulamine ja tahkumine. Esimestel, sissejuhatavat laadi katsetel näidatakse ilma sulamistemperatuuri mõistet kasutusele võt-

mata, et keha sulab tema soojendamisel ehk läheb üle tahkest olekust vedelasse, ja vastupidi — sulanud keha tahkub jahtumisel. Oleks ehk õige piirduda ainuüksi kristalsete kehade sulamise küsimusega, nagu seda tehakse mõnedes füüsika õpikutes. Seepärast näidatakse edasi kristalse (jää) ja amorfse keha (vaha, parafiin, pigi) sulamise erinevust, selleks et esile tuua amorfse keha järgjärgulist üleminekut tahkest olekust vedelasse. Veenvam on katse ümberpöördud protsessi, s. o. tahkumise demonstreerimisel. Need katsed on olulised järgneva väite puhul, et mõnede kehade sulamistemperatuur on ebamäärane. Edasi võetakse katsete abil kasutusele kolm juhtlauset: 1) kristalse aine sulatamiseks tuleb teda kõigepealt soojendada teatava temperatuurini, mida nimetatakse sulamispunktiks; 2) seni, kuni kogu aine tervikuna ei lähe üle tahkest olekust vedelasse, jääb „segu" temperatuur muutumatuks, vaatamata soojendamisele, ja 3) pärast sulamist vedela aine soojendamisel temperatuur tõuseb. Samasugused juhtlaused tuuakse ka tahkumisprotsessi kohta. Samuti tehakse kindlaks, et ühtedel ja samadel ainetel on sulamis- ja tahkumistemperatuur omavahel võrdsed.

Näitliku kujutluse loomiseks neist protsessidest tuleb kasutada aegsasti valmistatud graafikuid, mis võimaldavad selgitada vahet temperatuuri käigus kristalsete ja võimalust mööda ka amorfsete kehade sulamisel.

Lõpuks esitatakse ja vaadeldakse sulamistemperatuuride tabelit, milleks on kõige parem kasutada diagrammi. Õpilastelt ei tule nõuda, et nad eriti õpiksid tabelist pähe mingisuguseid täpseid andmeid (välja arvatud jää sulamispunkt), kuid nad peavad teada saama, et kõige raskemini sulavaks metalliks on volfram, mille tõttu teda kasutatakse elektrilampide niitide valmistamiseks, ja et malm sulab umbes 1200°-lises, vask — umbes 1000°-lises, seatina — umbes 300°-lises kuumuses. Samuti tuleb juhtida tähelepanu vedelikkude — elavhõbeda ja piirituse ja ka ühe raskemini veeldatava gaasi — vesiniku tahkumispunktile. Vee kohta tuleb nimetada, et tema külmumispunkt võrdub 0°-ga ainult keemiliselt puhta vee korral; kui aga vees on lahustatud soola, näiteks keedusoola, siis vesi külmub madalamatel temperatuuridel (merevesi, soolvesi hapendatud kapsastega tünnides jms.).

Kasulik on näidata ka katset, mis teeb ilmsiks sulamispunkti sõltuvuse rõhust.

4. Sulamissoojus. Küsimuse käsitlust alatakse katsest, mis uuesti kriipsutaks alla, et keha sulatamiseks ilma tema temperatuuri tõstmiseta tuleb anda talle soojust. Siis võib katse põhjal kasutusele võtta sulamissoojuse mõiste ja tutvustada tema suurust mõningatel ainetel. On oluline, et õpilased peaksid meeles jää sulamissoojuse suurust 80 $\frac{cal}{g}$ ja paneksid tähele, et metallide sulamissoojus on mitmesugune ja on märksa väiksem sellest suurusest. Tabeli

andmete väljakirjutamise asemel on kõige parem kasutada vastavat diagrammi.

Edasi lahendatakse treening-ülesandeid selle soojushulga arvutamiseks, mida on vaja keha sulatamiseks, mis on soojendatud sulamistemperatuurini, nõudes seda liiki arutlusi:

1 *g* jää sulatamiseks on vaja 80 *cal*
520 *g* jää sulatamiseks on vaja $80 \cdot 520 = 41\,600$ *cal* = 41,6 *kcal*.

Seejuures on väga oluline panna õpilasi osutama, et keha on juba soojendatud sulamistemperatuurini. Kui küsimus on omandatud, siis keerustatakse ülesandeid vajadusega arvutada soojushulk soojendamiseks kuni keemispunktini. Kuid selleks tuleb leida tabelitest mitte ainult sulamissoojuse suurus, vaid ka sulamispunkt. Esitatakse näiteks sellist tüüpi ülesandeid:

I. Leidke soojushulk, mis on vajalik 100 *kg* malmi sulatamiseks, mille temperatuur on 20°, ilma temperatuuri edasise tõstmiseta pärast tema sulamist.

Ühenduses laboratoorse tööga tuleb lahendada samasugune ülesanne jää sulamise kohta tingimusel, et vett soojendatakse edasi üle 0°.

Erilist tähelepanu tuleb pöörata sellele, et õpilased teeksid endile selgeks sulamistemperatuurini soojendatud keha kohta järgmised juhtlaused:

1. Kui kehalt mitte ära võtta või mitte anda talle soojust, siis ta ei sula ega tahku.

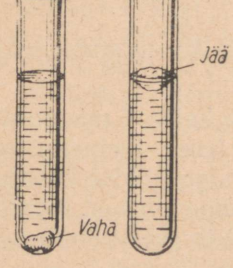
2. Soojuse andmisel ta hakkab sulama, äravõtmisel — tahkuma.

Nende juhtlausete illustreerimiseks on soovitav vaadelda niisuguseid küsimusi:

II. Õhu temperatuur tänaval on 0°. Mis toimub jääga ja veega?

III. Mis toimub jääga ja veega, kui õhu temperatuur tänaval on 1) üle 0° ja 2) alla 0°?

Lõpuks on väga soovitav näidata katset soojuse eraldumisega ülejahutatud hüposulfiidi kristalliseerumisel; muuseas võib see katse olla seletuseks ilma soojenemisele lumesaju puhul tugeva pakase ajal.

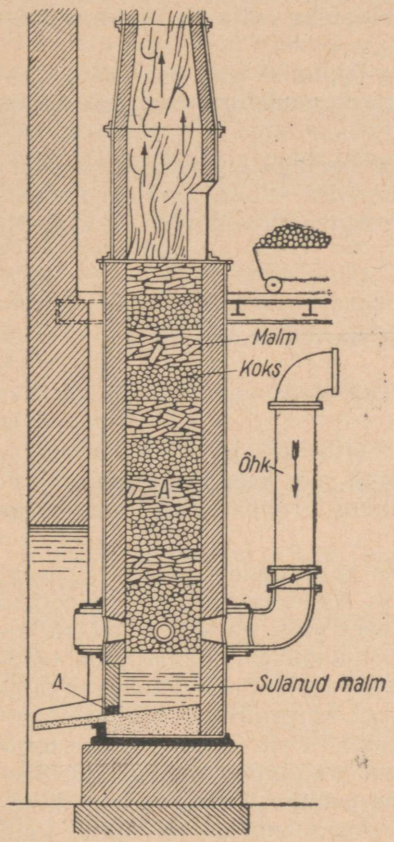


Joon. 165. Tahke vaha vajub põhja sulavahas; jää ujub vees.

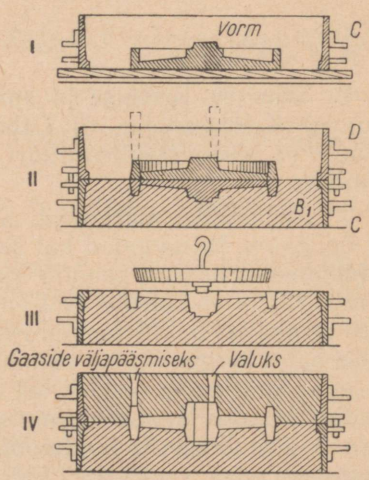
5. Keha ruumala muutumine sulamisel. See küsimus tuleb võtta käsitlemisele selleks, et seletada protsesse, mida täheldatakse looduslikkudes tingimustes: 1) jää ujumist vees; 2) kivimite lagunemist vee külmumisel pragudes. Osutatakse, et enamik aineid tahkumisel väheneb ruumalalt ja et eranditeks sellest reeglist on vesi ja malm. On soovitav teha katse vee külmutamisega malmpommis, selleks et demonstreerida viimase lõhkemist. Kohustuslik on näidata jää ujumist vees ja tahke vaha vajumist põhja sulavahas (joon. 165).

6. **Kasutamine tehnikas.** Küsimust valust kui ühest tähtsamast metallide töötlemise viisist tuleb tingimata vaadelda. Esialgu tutvustatakse õpilasi valuga demonstratsioon-katse abil. Edasi antakse kõige lühem käsitus malmi sulatamisest sulatusahjus (joon. 166), valamisvormi ehitusest (joon. 167) ja valuprotsessist endast.

7. **Näitlikud vahendid.** Nagu juba ülalpool nimetasime, tuleb kasutada sulamispunktide ning sulamissoojuste diagramme, samuti ka keha sulamist iseloomustava temperatuuri graafikut. On soovitav näidata kinofilmi metalli sulatamise ja tema valu tehnikast; filmi puudumisel on kohustuslik diapositiivide demonstreerimine või raamatust vastavate piltide episkoobiline projitseerimine.



Joon. 166. Sulatusahju ehitus.



Joon. 167. Vormimine vormikastides.

8. **Ekskursioon.** Soovitav on korraldada ekskursioon kui mitte malmivalutehasesse, siis töökodadesse, kus tehakse kas või väikseidki valutöid.

9. **Laboratoorne töö.** Laboratoorse töö „jää sulamissoojuse määramine" korraldamine tuleb lugeda kohustuslikuks, seda enam, et selleks on vajalikud vaid kõige lihtsamad abinõud. On soovitav organiseerida laboratoorne töö naftaliini sulamise ja tahkumise vaatlemiseks, selleks et ehitada vastavat temperatuurigraafikut; selle

organiseerimine on aga keerukam kui jää sulamissoojuse määramise töö.

10. Kodune töö. Koduseks tööks antakse lahendada ülesandeid vaadeldud küsimuste kohta; seejuures tuleb silmas pidada, et arvutused ei ole omaette eesmärgiks, vaid on vajalikud ainult sulamis- ja tahkumisprotsessi ning nendega seotud nähtuste paremaks mõistmiseks. Sellesama saavutamiseks tuleb abiks võtta ka küsimus-ülesandeid.

On väga soovitav veel enne teema õppimist teha õpilastele ülesandeks vaadelda talvel, mis toimub rohupudeliga, kui külmutada selles vett.

11. Klassivälised tööd. Ühenduses teemaga on kohane vaadelda ringis metallide soojalttöötlemise teisi viise — sepistamist ja stantsimist. Suurt huvi pakub õpilastele vormi valmistamine ja kergeltsulavate metallide valu selles.

§ 75. Keemine ja aurumine.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 39, 3 ja 7 ning 66, 7.

1. Sisu: a) Keemise ja aurumise erinevus. b) Keemistemperatuur. c) Keemissoojus. d) Laboratoorne töö: keemissoojuse määramine. e) Keemistemperatuuri sõltuvus rõhust. f) Kasutamine tehnikas.

2. Metoodilisi märkmeid. Keemise ja aurumise nähtus kui fakt on õpilastele tuttavamad kui sulamine. Nende teatmete varu sellest valdkonnast, mis on saadud igapäevases elus, on igal juhul küllaldane, selleks et katsete abil eduga põhjendada ja täpsustada teadmisi vaadeldavas küsimuses. Isegi keemissoojust mõistetakse ja tajutakse palju kergemini kui sulamissoojust, kogemuste põhjal vee keetmisega. Suurimaid raskusi tekitab harilikult aurumisel soojuse neeldumise ja auru kondenseerumisel tema eraldumise seletamine. Seepärast piirdub nende tundmaõppimine peamiselt faktide endi kindlakstegemisega vastavatel katsetel. Auru omadusi ei õpita, kuid auru tekkimist ja tema olemasolu õhus tuleb tõestada katsete abil auru kondenseerumisega. Samuti tuleb selgitada erinevust auru ja udu vahel. Keemissoojuse mõiste võetakse kasutusele üldkujul; tema suurust vee kohta nimetatakse selleks, et näidata, kuivõrd suur on ta võrreldes vee erisoojusega ja jää sulamissoojusega.

3. Keemise ja aurumise erinevus. Esimesed kujutlused keemisest ja aurumisest püstitatakse näidete põhjal igapäevase elu praktikast. Seejuures on oluline selgitada, et nii keemine kui ka aurumine on ühe ja sama aurutekkimise protsessi liigid. Katsete varal lenduvate vedelikkude aurumisega ja vee keetmisega kolvis tehakse edasi kindlaks järgmised juhtlaused: 1) Aurumisel toimub auru tekkimine ainult pinnalt; keemisel aga mitte ainult pinnalt, vaid ka vedeliku

sees. 2) Keemine esineb kindla temperatuuri korral, aurumine aga — ka teistel palju madalamatel temperatuuridel. Viimast lauset aurumise küsimuses põhjendatakse alustassilt, pesust jms. vee kuivamise näidete vaatlemisega.

4. Keemistemperatuuri sõltuvus rõhust. Keemistemperatuuri sõltuvust rõhust tuleb vaadelda koos keemispunkti mõiste kasutuselevõtmisega, muidu aga tuleb selles mõistes teha vastavaid parandusi. Sõltuvust rõhkudest, mis on väiksemad atmosfäärirõhust, ei ole raske tõestada katse abil: vee keemine vähendatud rõhu all. Mis puutub aga demonstratsioonisse, mis tooks esile temperatuuri tõusu rõhu tõstmisel üle atmosfäärirõhu, milleks kasutatakse Papini katelt, siis on ta kõigepealt vähe ilmekas ega suuda selgitada seitsmeklassilise kooli õpilastele küsimuse olemust. Tõepoolest, õpilased ei saa näha keemist ennast ja vaatlemine piirdub temperatuuri ja rõhunäitude lugemisega. See asjaolu sunnib tunnustama katse Papini katlaga mittenäitlikuks. Keemistemperatuuri sõltuvust vee kohta tuleb illustreerida aegsasti valmistatud graafikute abil. Soovitav on lahendada nende graafikute järgi mõned järgmist liiki ülesanded:

I. Missugusel temperatuuril keeb vesi aurukatlas, kui rõhk selles on viidud 10 atmosfäärini?

II. Missugusel temperatuuril hakkab vesi keema rõhu puhul 0,1 atmosfääri?

III. Missugusel temperatuuril keeb vesi Kazbeki mäetipul, mille kõrgus on 5040 *m*?

Viimane ülesanne nõuab õhurõhu esialgset leidmist vastava graafiku järgi (joon. 40).

Küsimuse käsitlemise tulemusena peavad õpilased selgelt kujutlema, et vee ja teiste vedelikkude keemistemperatuur ei ole jääv suurus, vaid sõltub rõhust vedeliku pinnale. Ainult sel tingimusel saab õpilastele selgeks, miks tuleb rääkides: „vee keemistemperatuur on 100°", lisada: „normaalse õhurõhu korral".

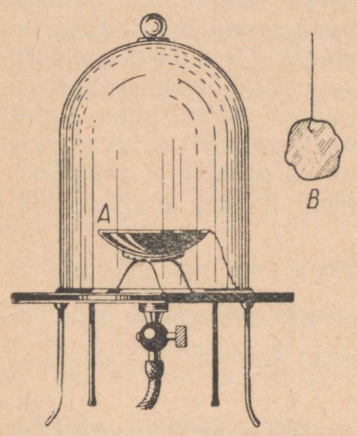
Keemistemperatuuride suurusi tuleb esitada vedelikkude (eetri, piirituse, elavhõbeda) kohta, mis keevad temperatuuridel alla ja üle 100°. Samuti tuleb mainida mingi metalli, gaasidest aga vesiniku keemistemperatuuri.

5. Keemissoojus. Keemissoojuse mõiste võetakse kasutusele katse põhjal, mis näitab, et pärast soojusallika eemaldumist keemine otsekohe lõpeb, ehk teiste sõnadega, et keemine vajab soojuse lakkamatut juurdeandmist. Keemissoojuse suurust nimetatakse ainult vee kohta, mis keeb temperatuuril 100°, ja võetakse võrdseks $539 \frac{cal}{g}$. Andmeid tema suuruse kohta temperatuuride puhul, mis on suuremad ja väiksemad kui 100°, ei ole vaja esitada, selleks et vältida küsimuse keerukamaks muutumist. Pärast seda lahendatakse mõned treeningülesanded — esialgu soojushulga arvutamiseks, mida on vajalik keemistemperatuurini soojendatud vee auruks muutmiseks;

edasi komplitseeritakse ülesandeid soojushulga arvutamisega, mis on vajalik vee soojendamiseks keemistemperatuurini.

Soojuse neeldumist aurumisel tuleb tõestada katsel, näiteks vee külmutamisega eetri intensiivsel aurumisel või vee külmutamisega õhupumba kupli all. Peale selle tuleb sama küsimuse selgitamiseks kasutada õpilaste individuaalseid täheldusi, mis põhinevad jahedusaistinguil inimese naha niisutamisel veega või eetriga (palderjanitilgad).

Lõpuks demonstreeritakse auru kondenseerumise nähtust ja vaadeldakse soojuse eraldumist auru muutumisel vedelikuks, kusjuures võetakse kasutusele oskussõna „kondensatsioon". Selle küsimuse paremaks mõistmiseks on soovitav korraldada laboratoorne töö.



Joon. 168. Vee külmutamine õhupumba kupli all. Vesi külmutatakse kellaklaasis *A*. Jäätükikese demonstreerimiseks võetakse see vormist välja jäässe külmunud niiti pidi.

6. Tähtsus tehnikas ja looduses. Keemise ja auru tekkimise õppimise tähtsust võib näidata kõige üldisemates joontes näitega auru kasutamisest aurujõuseadmetes. Aurukatelde ehitust on kohasem vaadelda jõumasinate tundmaõppimisel. Kui aeg lubab, on samuti võimalik tutvustada õpilasi jääksoojuse ärakasutamisega vee soojendamiseks küttesüsteemides ja tehnilisteks otstarveteks. Veel suurema tähtsusega on auru tekkimise ja kondenseerumise küsimus looduslikkudes tingimustes. Erilist tähelepanu väärib viide, et vee kaunis suure aurumissoojuse tõttu kuni pool Maa pinnani jõudvast Päikese soojusest kulub vee aurumiseks. Tuleb anda õpilastele kujutlus vee ringkäigust looduses (joon. 169). Auru olemasolu õhus tuleb ilmsiks teha katse abil, näidates selle kondenseerumist jahutatud kehal.

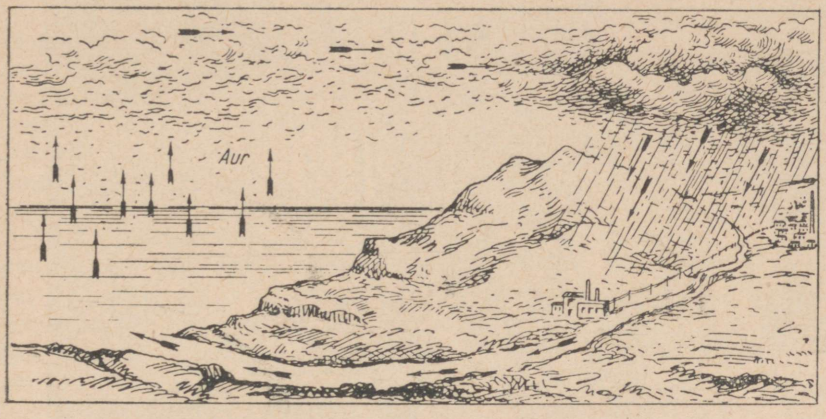
7. Näitlikud vahendid. Nagu nimetasime, tuleb keemistemperatuuri sõltuvuse kohta rõhust kasutada graafikuid. Samuti on soovitav kasutada omade jõududega valmistatud skeemi, mis näitab vesikütte ehitust veesoojendamisega jääksoojuse abil. Võib kasutada ka pilti „Soojuselektritsentraal", kuid selle seletused võtavad palju aega, mille tõttu on otstarbekohane seda vaadelda klassivälistel töödel (joon. 170).

8. Ülesanded ja kodused tööd. Soojushulga arvutamiseks kasutatavate arvutusülesannete arv ei ole suur ja nende tähtsus on piiratud. Graafiku abil lahendatavate ülesannete eesmärgiks on tutvus-

tada temperatuuri sõltuvust rõhust ja nad on kasutatavad ka mõnede loodusnähtuste seletamiseks.

Suurima tähtsusega on käesoleva teema õppimisel küsimus-ülesanded nähtuste kohta, mida täheldatakse igapäevase elu tingimustes ja looduses.

9. Laboratoorne töö. Nagu nimetasime, on soovitav organiseerida laboratoorne töö „keemissoojuse määramine". Tema peamiseks



Joon. 169. Pilt vee ringkäigu seletamiseks looduses.

otstarbeks on, et õpilased vaatleksid auru kondenseerumist, millega kaasneb soojuse eraldumine; keemissoojuse suuruse määramine aga on kõrvalise tähtsusega, kuna tema ülesandeks on tutvumine mõõtmise meetodiga.

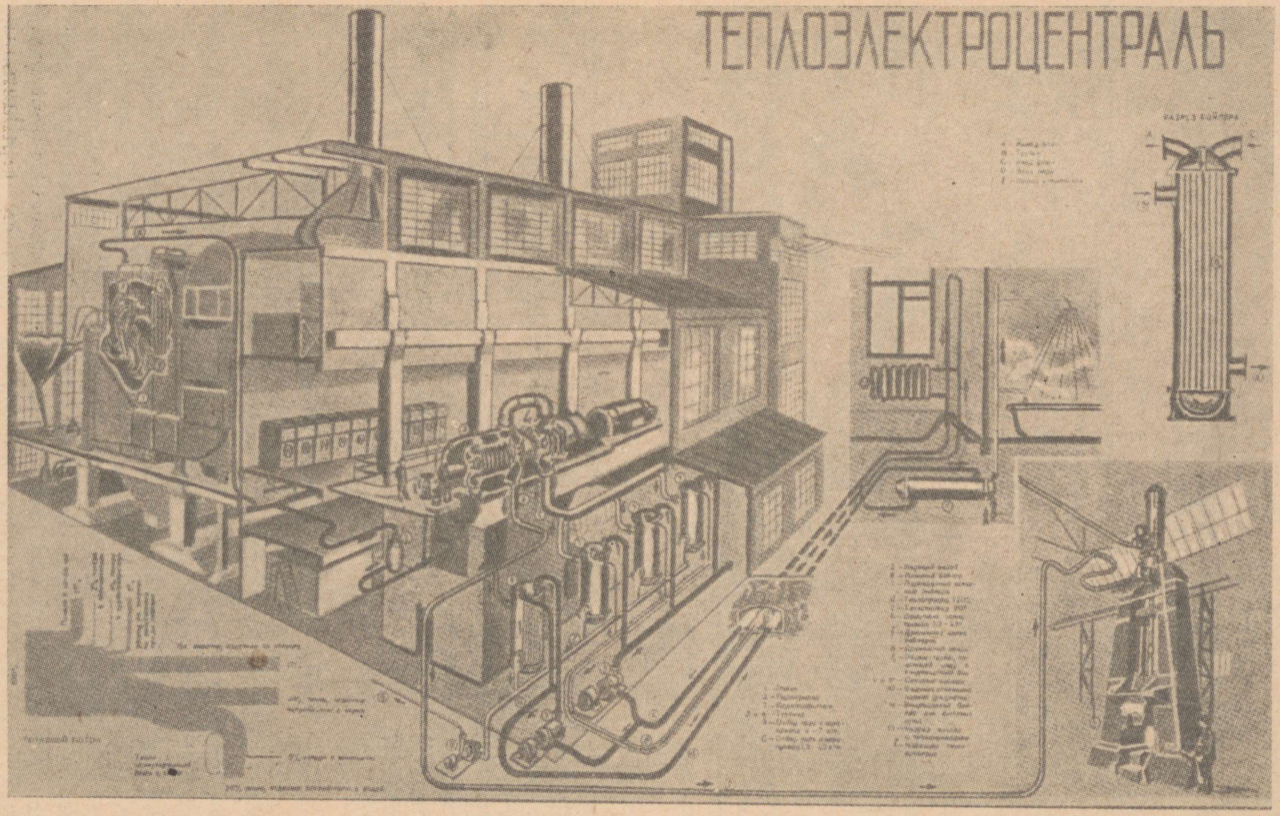
10. Klassivälised tööd. Koolidele, mis asetsevad maakohas, tuleb soovitada õhus leiduva auru omaduste ja tema kondenseerumise tingimuste tundmaõppimist või parem — meteoroloogiaringi organiseerimist.

§ 76. Molekulaar-kineetilise teooria algmed.

Demonstratsioon-katsed vt. II k., § 32.

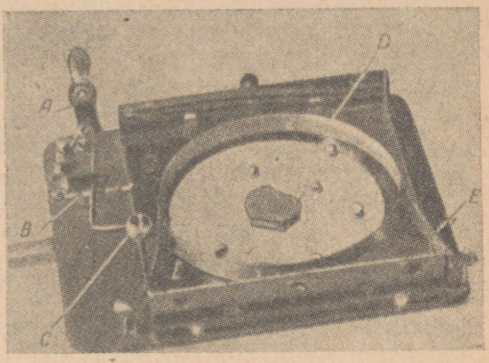
1. Sisu: a) Molekuli mõiste. b) Molekulide liikumine. c) Molekulaarjõudude mõiste. d) Märgamine ja kapillaarsus.

2. Metoodilisi märkmeid. Peale §§ 8, 3 ja **69** toodud põhikaalutluste, mis on tingitud vajadusest tutvustada õpilasi molekulaar-kineetilise teooria algmetega, tuleb silmas pidada veel järgmisi juhtlauseid: 1) kui arvestada füüsika esimese kontsentri üldhariduslikku tähtsust, siis ei saa jätta seletamata rida molekulaarset laadi nähtusi (näiteks kleepumise, kleepimise, jootmise, kapillaarsuse,



Joon. 170. Seinapilt: „Soojuselektritsentraal". Pildil on skemaatiliselt kujutatud jääkauru vahetu kasutamine tehnoloogilisteks otstarveteks (auruhaamer) ja sellesama auru kasutamine boilerites (ülessoojendajates) tulise vee saamiseks, mida kasutatakse ruumide kütmiseks jms.

vedelikkude ja gaaside difusiooni nähtusi), mida õpilased kohtavad sõna otseses mõttes igal sammul, ja 2) molekuli mõiste kasutuselevõtmine lihtsustab keemias aine ehituse käsitlust, kapillaarsuse mõisteta aga ei saa läbi bioloogia õpetamisel. Nagu juba nimetasime, on olemas kaks teed molekulaar-kineetilise teooria algmete õppimiseks: üks seisab molekulaar-kineetiliste kujutluste „samm-sammult" kasutuselevõtmises füüsika esimestest tundidest peale, teine aga — selle teooria ehitamises varemalt tundmaõpitud faktide alusele. Teine viis on otstarbekohasem, kuna ta langeb ühte kursuse lõpetamisega 6. klassis ja on kogu läbivõetu omapäraseks kordamiseks mõnede teoreetiliste üldistuste või nähtuste vahelise kausaalse seose selgituste kaudu (§ 44). Niisugune molekulaar-kineetilise teooria algmete käsitlus esineb näiteks Falejevi õpikus. Küsimust soojusest kui osakeste korrapäratu liikumise energiast võib vaadelda alles hiljem — energia õppimisel.



Joon. 171. Ivaštšenko riist (teisendatud Eichenwaldi riist), mis annab kujutluse molekulaar-liikumiste laadist gaasis. Hammasratast *B* käepidemega *A* pööramisel haamrike *C* lööb ümmarguse vedru *D* vastu, mis omakorda on kinnitatud vedrudel *E*, *E*. Teraskuulikesed, mis kujutavad molekule, saades impulsse vedrult *C*, liiguvad aktiivselt mitmesugustes suundades. Kuulikeste poolt saadud löökide mõjul kummitükk „tammub kohapeal" sarnaselt Browni liikumisega.

3. Molekuli mõiste. Molekulaar-kineetilise teooria algmete sissejuhatusele lähenedes võib nimetada õpilastele, et füüsika kursuse eelneval õppimisel nad tutvusid mitmesuguste füüsikaliste nähtustega, kuid enamikel juhtudel ei saanud täheldatava kohta seletusi. Kas on olemas piiri aine jaguvusele? Kuidas seletada, et üks ja sama aine võib olla tahkes, vedelas ja gaasilises olekus? Miks keha võib olla kuum ja ka vastupidi — külm? Mis toimub kehade paisumisel ja kokkutõmbumisel? jms. Samasuguses olukorras oli kunagi ka füüsika ise. Kauges minevikus (Titus Lucretius Carus) tekkinud oletus aine ehituse kohta, et ta koosneb üksikutest jagamatuist osakestest, viis vaatluste põhjal järk-järgult veendumusele selle väite õigsuses. See oletus arenes ja muutus käesoleval ajal teaduslikuks tõeks. Umbes nii tuleb põhjendada molekulaar-kineetilise teooria tekkimist; siis langeb ära vajadus tuua mistahes tõestusi molekulide olemasolu kohta, mis on üldiselt ka võimatu. Õpilasi tutvustatakse järelikult sellega, et kõik kehad koosnevad molekulidest — kõige väiksematest liikuvatest osakestest. Molekulide mõõdete iseloomustamiseks tuuakse vastavad arvulised andmed, kuid mitte

nende otseses väljenduses, vaid ümbertöötatult, võrdluste ja analoogiate kujul (molekulidest ketike, molekulide hulk gaasi ühes kuupsentimeetris, molekuli ja nööpnõelapea suhteline suurus jms.). Selle järel võetakse tarvitusele molekulide vaheliste kauguste mõiste ja nende kauguste muutumisega seletatakse kehade paisumist ja kokkutõmbumist.

4. **Molekulide liikumine.** Metoodiliselt on kasulikum käsitella molekulide liikumise küsimust enne molekulaarjõudude ja aine kolme oleku tundmaõppimist molekulaar-kineetilise teooria seisukohalt. Selle küsimuse käsitluse eeskujuks tuleb lugeda Sahharovi õpiku „Физика для школ взрослых" § 69, kus väheste sõnadega, liigse teoretiseerimiseta on esile toodud kõige olulisem. Siin üksikasjalikumaid juhendeid toomata, juhime lugejat nimetatud õpiku tundmaõppimisele.

Molekulide liikumise kohta loodud kujutluste põhjal antakse peale vedelikkude, gaaside ja tahkete kehade difusiooni seletuse ka gaasi rõhu ja temperatuuri mõiste seletus.

Difusiooni ja gaasi osakeste kaootilise liikumise mudeli demonstreerimine on kohustuslik (joon. 171).

5. **Molekulaarjõud.** Kohesioonijõudude küsimust tuleb käsitella samuti nagu eelmistki, lühidalt ja liigsete üksikasjadeta. Tulemusena peavad õpilased saama seletused: 1) Miks tahked kehad ja vedelik ei täida kogu neile antud ruumala, nagu gaasid? 2) Missugustest põhjustest on tingitud suur takistus: venivusele — tahketes ja kokkusurumisele — tahketes ja vedelates kehades? 3) Gaasi, vedeliku ja tahke keha molekulaaroleku erinevusest. 4) Protsessidest, mis toimuvad sulamisel ja auru tekkimisel. Lõpuks seletatakse kehade kokkukleepumist ning jootmist ja lihtsamaid kapillaarsusnähtusi.

6. **Ülesanded.** Käsitlusel tuleb kõige laialdasemalt kasutada küsimus-ülesandeid, selleks et illustreerida käsiteldavat materjali näidetega igapäevase elu ja tehnika valdkonnast. Eriti palju küsimus-ülesandeid on kapillaarsusnähtustest.

7. **Klassivälised tööd.** Teema annab laialdasi võimalusi õpilastele ülihuvitavateks katseteks molekulaarnähtustest, mis on seotud peamiselt kapillaarsuse ja pindpinevusega. Nende küsimuste kohta on soovitav organiseerida huvitava füüsika õhtu.

SEITSMETEISTKÜMNES PEATÜKK.

METOODILISI JUHENDEID OSALE: „ALGTEADMISED MEHAANIKAST".

§ 77. Programmi sisu.

Suure hulga metoodikute ja õpetajate seas on käesoleval ajal laialdaselt levinud arvamus, et mehaanika õppimine peab toimuma 7. klassi füüsika kursuse päris alguses; kehtivates õppeprogram-

mides aga on mehaanika algteadmised kantud 6. klassi kursuse lõppu. Sellise ümberpaigutamise soovitavuse põhjus oli toodud § 54. Raskused mehaanika õpetamisega tekkisid veel sel põhjusel, et teadlikult üle hinnates õpilaste jõude ja arengut, püüti sageli käsitlusse sisse võtta kaasaegseid vaateid liikumisele ja mateeriale. Koolitöö kogemused aga näitasid, et teadmisi mehaanikast tuleb anda võimalikult elementaarsel kujul ja piirduda ainult esimese kontsentri tundmaõppimisega, mis on üldhariduslikult kõige olulisem ja on vahetult vajalik füüsika kursuse edasisel väljaarendamisel.

Füüsika esimeses kontsentris koosneb mehaanika oma olemuselt kahest põhiosast — mehaaniline liikumine ja töö- ning energiaõpetus, kaasa arvates küsimuse mehaanilise energia muundumisest soojusenergiaks ja vastupidi. Mehaanilise liikumise osas antakse liikumiste liigitus kiiruse ja trajektoori järgi ja õpitakse näidete varal tundma kehade inertsi. Peale selle vaadeldakse selles osas hõõrdumist ja tema muutmise viise, mis on tähtis inertsi mõjul toimuva liikumise lakkamise seletamiseks ja hiljem kasuliku ja „kahjuliku" töö mõiste kasutuselevõtmiseks.

Teises osas õpitakse eelkõige mehaanilist tööd ja võimsust, kusjuures kasutatakse mõõduühikuid kahest süsteemist, kuna ühed neist on kergesti defineeritavad mehaanilise töö mõistest, teised aga on kindlasti vajalikud elektrivoolu vaatlemisel. Kaasaegne õppeprogramm määrab energiamõistele tähtsa koha ja pühendab talle suurt tähelepanu, sisse tuues energia jäävuse seaduse õppimise võimalikult varakult, s. o. 7. klassi kursuse alguses. See võimaldab füüsika edasisel käsitlemisel vaadelda rida füüsikalisi nähtusi nende energeetilisest küljest, niipalju kui see on üldse võimalik 7. klassis. See avab eelkõige laialdased võimalused seoste kindlakstegemiseks nähtuste vahel ja faktide teadlikuks üldistamiseks. Peale selle viib niisugune metoodiline võte harilikult selleni, et õpilastele saab küllaldasel määral selgeks energia jäävuse seaduse eriline tähtsus, samuti ka selle üldsus. See on seda tarvilikum, nagu näitavad koolitöö kogemused, et õpilased kalduvad sageli vaatlema energia jäävuse seadust kui seaduspärasust, mis kehtib ainult mehaanilistes protsessides, samuti ka „asetama võrdusmärki" mehaanilise töö ja energia mõiste vahele.

Energia jäävuse seaduse kasutuselevõtmise aja ja koha suhtes mehaanika algkursuses esineb kaks metoodilist arvamust. Ühel juhul soovitatakse seadus kasutusele võtta kohe pärast mehaanilise töö mõiste kindlakstegemist. Sel juhul vaadeldakse lihtmehhanisme (plokid, kang ja kaldpind) pärast selle seaduse sõnastamist ja neid kasutatakse mehaanika näidetena seaduse illustreerimiseks (kuldreegel). Ülesanne jõudude suuruse muutmise kohta mehhanismide poolt lahendatakse aga seaduse põhjal, et ei ole võimalik saada võitu töös, ja seda lahendust kontrollitakse, kuid ei tehta kindlaks katse abil. Teisel juhul õpitakse mehhanismide poolt tundma jõu-

dude suuruse muutmist katse abil kohe pärast mehaanilise töö mõiste kindlakstegemist ja saadakse katseliste faktide põhjal mehaanika kuldreegel. Seda reeglit kasutatakse edaspidi energia mõiste ja tema jäävuse seaduse kasutuselevõtmisel kui ühte neist vähestest teesidest, millede õigsus on õpilastele tõestatud ja seepärast on saanud neile selgeks.

Soojuse mehaanilise ekvivalendi suuruse kasutuselevõtmisega laiendatakse energiaõpetust esialgu soojusele ja alles siis vaadeldakse teda kogu oma mõiste ulatuses. Seepärast esinevad programmi lõpulõikes harilikult küsimused Päikesest kui energia põhiallikast, mida kasutab inimene, ja igat liiki — vee-, tuule- ja soojusjõumasinatest.

On ilmne, et soojuse kui energia ühe liigi vaatlemisel tuleb taastada õpilaste mälus mitte ainult juhtlaused soojuse edasiandmisest ja kehade agregaatolekute muutumisest, vaid ka jõukohasel määral iseloomustada neid protsesse energeetilisest küljest. Peale selle tuleb taotella, et õpilastele saaks selgeks, et soojushulgaühik on soojusenergia mõõduks.

§ 78. Metoodilisi märkmeid mehaanika õppeprogrammile.

Peale eelmises § 77 toodud metoodiliste kaalutluste mehaanika kursuse kohta tervikuna tuleb silmas pidada veel järgmist:

1) Õpilastele küllalt keerukad mehaanika mõisted (kiirus, inerts, töö, võimsus, energia) tuleb kujundada: a) katse alusel, mida sooritavad õpetaja ja õpilased, ja b) õpilastel juba olemasolevate kujutluste baasil, mis on tekkinud igapäevases elus. Need kujutlused aga, näiteks töö kohta, ei vasta kaugeltki alati mehaanika mõistete tähendusele: nad on kas ligikaudsed, ebatäpsed või isegi moonutatud, mille tõttu nad vajavadki täielikku revideerimist katseliste andmete põhjal. Seega on katsed mehaanika alal vajalikud mitte ainult oma otsese ülesande mõttes, s. o. mõistete kujundamiseks, vaid ka õpilastel olevate kujutluste parandamiseks, vahel aga ka nende täielikuks revideerimiseks. Seepärast kerkib õpetaja ette sagedasti ülesanne õpilaste „ümberõpetamisest", mis pole kaugeltki alati lihtne asi.

2) Ei tule arvata, et jõudude küsimus, mida võetakse läbi 6. klassis kohe füüsika kursuse alguses, on rahuldavalt ja küllaldaselt tundma õpitud. Seepärast tuleb mehaanika õppimisel abiks võtta mitte ainult läbivõetu kordamist (raskusjõud, elastsusjõud, jõudude graafiline kujutamine, jõud kui deformatsiooni põhjus jms.), vaid ka pisut laiendada mõistet jõust kui põhjusest, mis tekitab või muudab liikumist. Tõepoolest, küsimus selle kohta tekib näiteks vältimatult inertsi vaatlemisel. Õeldust ei järgne aga sugugi, et käsitlemisele kuulub mingil määral Newtoni teine ja seda enam kolmas seadus.

3) Katsete valikule tuleb pöörata kõige tõsisemat tähelepanu, arvestamata sellega, et nähtused, milledest tuleb juttu, on vahel väga lihtsad ja üldtuntud, mispärast nende esiletoomine näib olevat tarbetu. Tõepoolest, nähtus võib olla hästi tuntud, kuid tema demonstreerimine on siiski vajalik selleks, et juhtida tähelepanu selle nähtuse iseloomulikkudele külgedele ühenduses tema teadusliku mõistmisega. Veel enam — jutustamisel tuleb taotella võimalikult suurt näitlikkust, võttes abiks vastavaid kehi, nagu see on näidatud § 82, 2.

4) Mehaanika käsitlemisel peab õpetaja pöörama tähelepanu nii enda kui ka õpilaste joonistustele, püüeldes leppetähiste (liikumine, tugijõud jms.) (joon. 64, 68 ja 134—136) ühetaolisusele, jooniste lihtsusele ja ilmekusele. Joonistused jõumasinatest vajavad eriti hoolikat läbimõtlemist selles mõttes, et näidata töötamise printsiipi võimalikult lihtsal joonisel, mida õpilased võiksid kergesti korrata.

5) Ekskursiooni korraldamist mingite masinate, jõumasinate ja riistade vaatlemiseks tuleb lugeda kohustuslikuks mitte ainult tundmaõpitu illustreerimiseks, vaid ka masinate liikumise kinemaatilise külje selgitamiseks.

6) Laboratoorsete tööde korraldamine on samuti kohustuslik, sest ilma individuaalse katsetamiseta ei suuda õpilased saada vajalikke kujutlusi kasutuselevõetavatest mehaanilistest mõistetest ja tundmaõpitud nähtustest.

§ 79. Sissejuhatav vestlus.

Mehaanika, nagu füüsika iga teisegi osa õppimist tuleb alata sissejuhatavast vestlusest, selleks et tutvustada õpilasi käsitlemisele kuuluva materjali sisuga. On kasulik jutustada õpilastele, et mehaanika kui teadus masinatest on tekkinud juba kauges minevikus ja et tema alus on pandud peamiselt silmapaistva kreeka teadlase Arhimedese uurimustega. Vanad rahvad püstitasid soliidseid hooneid, ehitasid sildu, rajasid veevärke, omasid mere- ja jõelaevu, kasutasid sõjamasinaid müüride läbimurdmiseks ja kivide pildumiseks, mis nõudis kindlaid teadmisi mehaanika alalt ja vastavaid teaduslikke uurimisi. Käesoleval ajal ei saa muidugi defineerida mehaanikat kui teadust masinatest; seepärast tuleb teatada õpilastele, et mehaanikas, mis on füüsika üheks osaks, nad õpivad kehade liikumist ja tutvuvad mõnede lihtsaimate mehhanismidega, mis võimaldavad muundada väikesi jõude suurteks ja ümberpöördult. Edasi tuleb kõige üldisemates joontes jutustada õpilastele sellest tähtsusest, mis on kaasaegses tehnikas masinail, mida kasutatakse mitmesuguste materjalide töötlemiseks, s. o. anda masintööriistade mõiste. Tuleb juhtida tähelepanu meie maa industrialiseerimise erilisele tähtsusele, mitte ainult tootvas ning töötlevas tööstuses ja põllumajanduses, vaid ka maakaitse korraldamises. Sellise

käsitluse lõpus peab õpetaja jõudma õpilastega masintööriistade käimapanemise „mehaanilise jõu" allikate küsimuse juurde ja võtma kasutusele jõumasina mõiste, nimetades, et selle õppimine jääb mehaanika kursuse lõpuks. Jutustust tuleb saata katsetega, mis demonstreerivad võidu saamist jõus ja mingi masina — masintööriista ja jõumasina (õmblusmasin, aurujõumasin) töötamist. Sissejuhatavat vestlust on mitte ainult võimalik, vaid ka soovitav organiseerida mingi mehaanikatöökoja vaatlemise ajal või pärast seda.

§ 80. Liikumise liigid. Inerts.

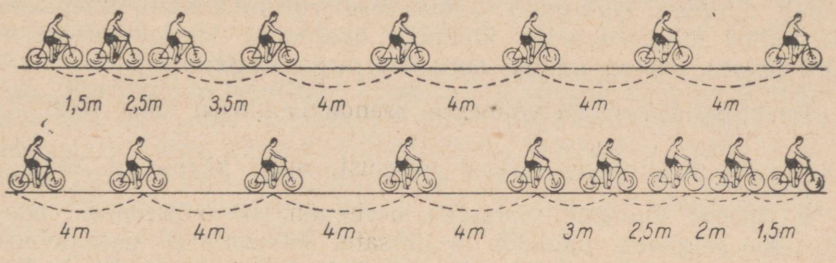
Demonstratsioon-katsed vt. II k., § 33, 1—2, 4 ja 6.

1. **Sisu:** a) Liikumine — sirgjooneline ja kõverjooneline. b) Ühtlane liikumine. c) Kiirus ja selle mõõtmine. d) Inertsi mõiste.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Igapäevastest tähelepanekutest ja kogemustest on õpilastel kujutlus mehaanilisest liikumisest ja paigalolekust. Selle kujutlusega võib piirdudagi seitsmeklassilises koolis, täiendades seda iseloomustusega liikumisest kui kauguste muutumisest liikumatute esemete (suhtekehade) suhtes. Liikumise suhtelisuse mõistet ja mõningaid sellega seotud lihtsaid küsimusi tuleb puudutada, sest liikumise vaatlemine toimub teiste kehade suhtes, mida loetakse liikumatuteks. Teema käsitlemisel on esimeseks põhiküsimuseks liikumiste liigitamine trajektoori kuju ning kiiruse muutumise laadi järgi ja kiiruse mõiste täpsustamine. Selle küsimuse selgitamine vastavate näidete ja katsete demonstreerimise laialdasel kasutamisel raskusi ei tekita. Palju raskem on õpilastel aru saada inertsi küsimusest. Tema mõistmine on võimalik ainult siis, kui õpilased on läbi uurinud ja vaadelnud neid ümbritsevais nähtustes hulga näiteid inertsi avaldumisest. Peale selle lihtsustub käsitlus, nagu näitab praktika, kui esialgu selgitada küsimust põhjustest, mille tõttu tekib üldse ja „lõpeb" liikumine, s. o. teiste kehade mõjutamise ehk jõudude mõju tõttu. Nii või teisiti on selle küsimuse käsitlemine vältimatu.

3. **Sirgjooneline ja kõverjooneline liikumine.** Sirgjoonelise ja kõverjoonelise liikumise liikide mõiste tehakse kindlaks vestluses õpilastega peamiselt igapäevasest elust võetud näidete varal. Peale selle aga tuleb demonstreerida selliseid liikumisi, millede vaatlemisel oleks selgesti nähtav trajektoori kuju. Trajektoori defineeritakse kui joont, mida mööda toimub liikumine. Kuigi pöörlevat liikumist ei õpita esimeses kontsentris, tuleb ikkagi anda kujutlus pöörlemisest, sest teda kasutatakse laialdaselt masinates ja tema nimetamine on vältimatu edasises käsitluses. Sirgjoonelise ja kõverjoonelise liikumise definitsiooni meelespidamist tuleb nõuda õpilastelt selleks, et harjutada neid järk-järgult täpsele sõnastamisele üldse.

4. Ühtlane liikumine. Ühtlase liikumise mõiste tehakse kindlaks kella osutite, oma tee üksikuil osadel liikuva rongi, ühtlase sammuga käiva inimese jms. liikumise näidetel, samuti ka vastavate demonstratsioonide abil. Olulise tähtsusega on aegsasti valmistatud pildi kasutamine, mis on taoline joonisel 172 näidatuga. Tunnuseks liikumise ühtluse kindlaksmääramisel on ühesuguse aja jook-



Joon. 172. Pilt: „Jalgrattasõitja (ühtlane ja mitteühtlane) liikumine", kiiruse mõiste selgitamiseks.

sul läbikäidud vahemaade võrdsus. Lõpuks võib üldjoontes anda kujutluse aeglustatud ja kiirendatud liikumisest.

5. Kiirus. Kiiruse mõiste on tuntud õpilastele tegelikust elust. Peale selle lahendavad õpilased aritmeetika õppimisel tavaliselt kiiruse arvutamise ülesandeid. Füüsika õpetajal tuleb seega ainult täpsustada ühtlase liikumise kiiruse mõistet ja anda kujutlus mitteühtlase liikumise keskmisest kiirusest. Seda saab teha näidete ja vastavate ülesannete lahendamise abil.

Kiirust ei tule defineerida kui läbikäidud tee suhet ajaga, sest selline definitsioon on keerukas mitte ainult 7. klassi, vaid ka 8. klassi õpilastele. Kiiruse definitsiooni asemel võib rahulduda õpilaste vastustega, mis on sarnased näiteks järgmisega: „selleks, et leida liikumise kiirust, tuleb keha poolt läbikäidud tee pikkus jagada ajaga":

$$\text{Kiirus} = \frac{\text{tee pikkus}}{\text{aeg}}. \qquad (1)$$

Tuleb anda juhend, et kiiruse suurust arvutatakse füüsikas kõige sagedamini sekundi, tehnikas aga minuti ja tunni suhtes. Näidates, kuidas pannakse kirja mitmesuguste kiirusühikute $\frac{cm}{sek}$; $\frac{m}{sek}$; $\frac{km}{t}$ nimetused, minnakse treeningülesannete lahendamisele kiiruse, tee ja aja arvutamiseks.

Ülesannete lahendamisel on soovitav, et õpilased paneksid teh-

ted kirja sarnaselt avaldisega (1). Hiljem võib kasutusele võtta tähised ja valemid:

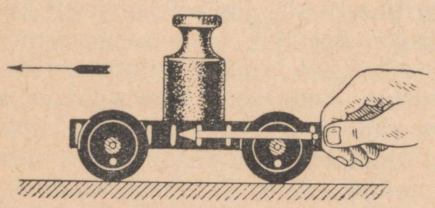
$$v = \frac{s}{t};\quad s = vt \text{ ja } t = \frac{s}{v}.$$

Selleks et tutvustada kiiruste konkreetseid suurusi, on soovitav näidata diagramme (jalakäija, tuul, hobune, auto, vedur, lennuk, mürsk, vintpüssi kuul jms.). Samal eesmärgil on kasulik lahendada ülesandeid mitmesugustes ühikutes avaldatud kiiruste suuruste võrdlemises, mis on näiteks sarnased järgmistega:

Reaktiiv-hävitaja on võimeline arendama kiirust kuni $1000\frac{km}{t}$.

Kas ta liigub kiiremini raskest mürsust, mille kiirus on $300\frac{m}{sek}$?

6. Inerts. Õpilaste viimiseks inertsinähtuste mõistmisele soovitatakse selgitada näidetel ja lihtsatel katsetel, et paigaloleva keha liikumapanekuks tuleb mõjutada teda mingi jõuga. Siis kerkib küsimus: mis toimub liikumapandud kehaga pärast seda, kui jõud lakkab mõjumast? Näidates katseid ja arutades läbi näiteid tõukega või löögiga kerakesele või vankrikesele (joon. 173), keha viskamisega, aluse väljalöömisega jms., selgitatakse õpilastele, et pärast jõu mõju lõppemist keha jätkab oma liikumist. Sedasama näidatakse katse abil keha (näiteks kuulikese) liikumise jätkumisest järsult peatatud vankrikese juhul ja vaadeldakse näidet, kui ta on tuntud õpilastele, reisijate liikumisega rongi järsul peatumisel. Kuna kehad lõpetavad seejuures oma liikumise, siis need katsed ja näited ei õigusta õpilaste silmis järeldamist, et keha säilitab oma liikumist sirgjoonelisena ja ühtlasena. Seepärast tuleb õppimise sellel etapil Galilei-Newtoni inertsi seadus liikumise säilimise osas vastu võtta tõena, mis on kindlaks tehtud loendamatute vaatlustega mitmesuguste kehade liikumise kohta. Edasi tuleb nimetada põhjused, mille tõttu tekib seadusega näiv vastuolu, s. o. miks keha lõpetab oma liikumise inertsi mõjul. Neid põhjuseid seletatakse kui takistust liikumisele teiste kehade või jõu poolt (hõõrdumine, tõmbumine Maa külge, õhu takistus), mida võib näidata katsetega ja osalt selgitada näidetega (uisutaja liikumise võrdlemine lund ja jääd mööda; auto liikumine munakivisillutist ja asfalti mööda; paralleelselt horisondiga visatud keha trajektoor; kägardatud ja kägardamata paberilehe langemise võrdlemine). Teinud kindlaks



Joon. 173. „Konstruktori" kogumi detailidest koostatud vankrike, mis on vajalik mehaanika katseteks.

katsete ja näidete abil paigaloleku-inertsi mõiste, sõnastatakse inertsi seadus tema üldisel kujul, s. o. kui kehade omadus alal hoida nii oma liikumist kui ka paigalolekut. Inertsi seaduse õppimise lõpetamisel on võimalik, demonstreerides vastavaid katseid, anda kujutlus jõu mõjust liikumise kiiruse muutumisele ja liikumise trajektoorile. On soovitav koostada õpilastega lihtsamaid graafikuid (liikumise teest aja järgi).

7. **Ajaloolised teatmed.** Ühenduses inertsi seadusega on soovitav jutustada Galileist ja peaasi Newtonist kui klassikalise mehaanika loojaist.

8. **Kasutamine tehnikas.** Kuna inertsi ilmneb kõikides protsessides, mis on seotud liikumisega üldse, siis võib tema kohta tuua loendamatu hulga näiteid. Tuleb juhtida tähelepanu inertsi kasutamise harilikkudele juhtudele, nagu kirve või haamri vardepanemine, höövliraua seadmine pakus jms. Tähelepanu väärib „inertssütiku" ja kahurimürskude ehituse vaatlemine.

9. **Ülesanded ja kodused tööd.** Ülesandeid lahendatakse nii klassis kui ka kodus. Kiiruse kohta lahendatakse arvutusülesandeid: inertsi seaduse kohta antakse küsimus-ülesandeid, mida tuuakse õpikutes harilikult suurel hulgal ja mis kuuluvad nii igapäevase elu kui tehnika nähtustesse. Nende küsimuste kasutamine on üsna oluline, sest ainult konkreetsete ja seejuures arvukate näidete varal võivad õpilased selgitada endale inertsi mõiste. On kasulik ehitada graafik läbikäidud tee pikkuse määramiseks aja järgi. Soovitav on anda õpilastele kodus läbi teha mõned lihtsad katsed inertsist.

10. **Õppevahendid.** Inertsinähtuste selgitamiseks toob olulist kasu katkendite demonstreerimine filmist „Первый закон Ньютона" (joon. 102).

Soovitav on demonstreerida Newtoni ja Galilei portreesid või vastavaid diapositiive.

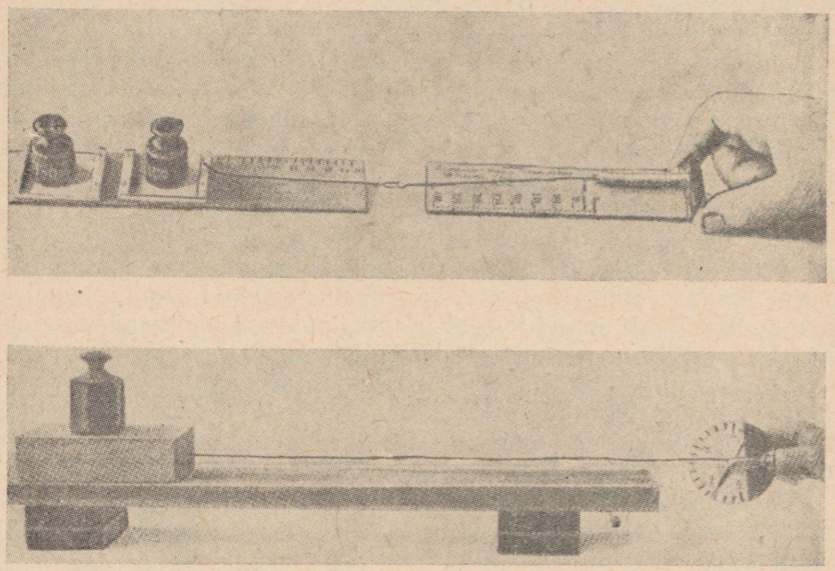
11. **Klassivälised tööd.** Ringi töös on võimalik täielikumalt seada ja selgitada küsimust liikumise suhtelisusest, liikumisest kehale avalduva jõu mõjul ja võimaluse korral demonstreerida kinofilmi. Huvitava mehaanika õhtu jaoks võib kasutada mõningaid katseid kehade inertsist, mis on kirjeldatud raamatutes: Том Тит („Научные развлечения" ja J. I. Perelmani „Huvitav füüsika" ja „Huvitav mehaanika".

§ 81. Hõõrdumine.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 39, 3, 5 ja 64, 1—3 ja 6, 7.

1. **Sisu:** a) Hõõrdumise ja tema liikide mõiste (libisemisel ja veeremisel). b) Hõõrdumisjõud. c) Hõõrdumisjõu sõltuvus keha raskusest ja hõõrduvate pindade laadist. d) Hõõrdumise kasulik ja kahjulik tähtsus. e) Hõõrdumise vähendamise võtted. Laagrid.

2. Metoodilisi märkmeid. Hõõrdumise tundmaõppimine on loomulikuks jätkuks inertsiküsimusele, kui hõõrdumist vaadelda inertsliikumise lakkamise põhjusena. Hõõrdumist õpitakse seitsmeklassilises koolis mitte ainult igapäevase elu ja tehnika nähtuste seletamiseks, vaid peaasi — tema tähtsuse selgitamiseks edaspidi mitmesuguste mehhanismide töös ja mehaanilise energia kadude ning kasuteguri mõiste kasutuselevõtmiseks. Õpilasi tuleb tutvustada



Joon. 174. Hõõrdumisjõu mõõtmine laboratoorses töös (I) ja demonstratsioonil (II).

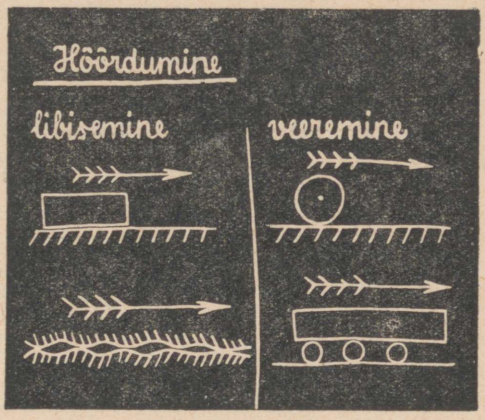
ainult nähtuse kvalitatiivse küljega, jättes kõrvale hõõrdumiskoefitsiendi mõiste ja mitte lahendades vastavaid ülesandeid tõmbejõu arvutamise kohta.

3. Hõõrdumise mõiste. Igapäevasest elust on õpilastel teatav kujutlus hõõrdumisest ja seepärast tuleb tema õppimist korraldada mitte ainult katsete, vaid ka nende kujutluste alusel. Hõõrdumise suuruse üle otsustatakse vahemaa järgi, mille ulatusel lõpeb klaasi, puud, liiva jms. mööda libiseva või veereva keha liikumine inertsi mõjul, ja ka jõu suuruse järgi, mida tuleb rakendada kehale, selleks et panna teda libisema teiste kehade pinda mööda. Vastavatest katsetest selgub, et hõõrdumine võib olla suurem ja väiksem. Nende katsete põhjal on võimalik defineerida hõõrdumisjõudu kui jõudu, mis tekib ühe keha liikumisel teise pinda mööda, mis on alati suunatud liikumisele vastu ja takistab liikumist. Edasi osutatakse, millisel viisil saab mõõta hõõrdumisjõudu dünamomeetri abil (joon.

174, I ja II). Hõõrdumise põhjust libisemisel seletatakse harilikul viisil joonise põhjal (joon. 175).

Katsete abil tuleb selgitada, et hõõrdumisjõud sõltub hõõrduvate pindade liigist ning libiseva keha kaalust ja et ta tugevasti väheneb määrimise puhul. Hõõrdumisjõu sõltumatus hõõrduvate pindade suurusest, ehkki on täiesti tundmata ja isegi paradoksaalne õpilastele, kuid sel ei ole suurt tähtsust füüsika esimeses kontsentris. Kui käesoleva paragrahvi läbivõtmisel üldse puudutada seda küsimust, siis on palju kohasem seda teha laboratoorse töö korras.

Lõpuks võetakse kasutusele hõõrdumise mõiste veeremisel ja näidatakse katsetega, et ta muude võrdsete tingimuste korral on märksa väiksem kui hõõrdumine libisemisel.



Joon. 175. Joonised klassitahvlil hõõrdumise seletamiseks libisemisel ja veeremisel.

4. Hõõrdumise kahjulik ja kasulik tähtsus. Rea näidete varal selgitatakse hõõrdumise kahjulikku tähtsust ja näidatakse abinõusid tema vähendamiseks, mis seisavad hõõrduvate pindade materjalide valikus, nende poleerimises ja määrimises. Ühenduses sellega on kasulik vaadelda üldjoontes lihtsamate laagrite ehitust (joon. 89) ja osutada nende tähtsusele masinate jaoks. Edasi kirjeldatakse rull- ja kuullaagrite ehitust (joon. 19), kasutades sealjuures hõõrdumise suuruse võrdlemist varem sooritatud libisemisel ja veeremisel.

Kuid peale hõõrdumise kahjuliku osa tuleb tingimata avada õpilastele tema kasulik tähtsus. Selleks tuleb pöörata nende tähelepanu sellele, et hõõrdumise puudumisel muldvallid valguksid laiali nagu vedelik, inimese käimine ja loomade iseseisev liikumine muutuksid võimatuks, nööri poleks võimalik siduda sõlme jms.

5. Laboratoorne töö. Laboratoorse töö eesmärgiks on eelkõige tutvustada dünamomeetri kasutamist hõõrdumisjõu mõõtmiseks ja peale selle hõõrdumise tundmaõppimiseks. Sellel õppimisel võib, nagu juba nimetatud, teha õpilastele ülesandeks esile tuua hõõrdumise sõltumatus hõõrduvate pindade suurusest.

6. Näitlikud vahendid. Tarvilikeks näitlikeks vahenditeks on lihtsamat tüüpi laagrid laagrikaussidega, samuti ka rullide ja kuulikestega.

7. Ülesanded ja kodused tööd. Hõõrdumise küsimuse kohta leidub üsna suur hulk küsimus-ülesandeid, mida tuuakse harilikult

õpikuis. Neid ülesandeid kasutatakse nii seletustel klassis kui ka nende iseseisvaks lahendamiseks kodus.

8. **Klassivälised tööd.** Ringi töös on kasulik tutvustada õpilasi näidetega suurte raskuste edasinihutamise ajaloost, millede hulka kuulub „Hiigelkivi" toimetamine Peterburi, mida kasutati Peeter I mälestussamba aluseks (joon. 5). Huvitavaks on õpilastele ka hoonete edasinihutamine kaasaegses tehnikas.

§ 82. Töö ja võimsus.

Demonstratsioon-katsed vt. II k., § 34, 1 ja 2.

1. **Sisu:** a) Mehaanilise töö näiteid. b) Mehaanilise töö suurus. c) Tööühikud — kilogramm-meeter ja džaul. d) Jõumasinate võimsuse mõiste. e) Võimsusühikud — $\frac{kGm}{sek}$, hobujõud ja kilovatt. f) Mehaanilise töö ja võimsuse arvutamised.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Selle teema õppimine tekitab õpilastes tunduvaid raskusi seepärast, et töö ja eriti võimsuse mõiste kuulub kõige keerukamate hulka, õpilaste teadmised aga mehaanikast, sealhulgas ka jõumõiste, on primitiivsed ja järelikult mitteküllaldased õige kujutluse saamiseks neist mõistetest. Seepärast tuleb seitsmeklassilises koolis töömõiste rajada näidetele, mis on võetud peamiselt igapäevasest elust. Selle mõiste piiramine seisab selles, et mehaanilist tööd vaadeldakse ainult sel eri juhul, kui jõud langeb ühte liikumise suunaga. Keha teatavast kõrgusest allalaskmisel raskusjõu poolt või keha tõstmisel raskusjõu vastu sooritatava mehaanilise töö sõltumatust tee pikkusest ei puudutata. Igapäevasest elust võetud näidete puudused seisavad selles, et nad on seotud elava organismi tööga ja tema aistingutega. Elus kasutatava oskussõnaga „töö" mõistetakse mitte ainult mehaanilist tööd, vaid ka teisi töö liike, millede puhul toimub energia kulutamine organismi poolt, kuid väline nähtav mehaaniline liikumine võib puududa. Ent kui ebatäiuslikud need näited ka ei oleks, tuleb ikkagi mõnede põhjal neist anda esimene kujutlus mehaanilisest tööst. Selle mõiste täpsustamine järgneb hiljem — lihtsamate mehhanismide õppimisel.

Töö mõõtühikuid tuleb anda kaks — kilogramm-meeter ja džaul, sest teine on vajalik elektrivoolu õppimisel.

Võtta kasutusele ja põhjendada rea näidete abil võimsusemõistet on raskem kui töömõistet, nagu seda näitab praktika, seda enam, et ta on õpilastele täiesti tundmata. Selle mõiste omandamine osutub palju aeglasemaks ja keerukamaks. Ühikute kasutuselevõtmisel tuleb tähele panna seda, et võimsusühiku ebaõnnestunud nimetus „hobujõud" võib tekitada segadust. Seepärast peab õpetaja infor-

meerima õpilasi selle oskussõna ebaõnnestunusest ja kõige parem — andma vastavaid seletusi selle termini tekkimise loost.

Selle teema õppimisel katse peaaegu puudub, kuid tuues näiteid ja andes seletusi töö ja võimsuse mõõtmise kohta, peab õpetaja näitama neid objekte ja nähtusi, milledest tuleb käsitlemisel juttu (vankrikese sõidutamine, vihi tõstmine või allalaskmine jms.).

3. Töömõiste. Toetudes õpilaste elust saadud kujutlustele, tuleb näidete abil kindlaks teha, et mehaanilise töö tegemiseks on tarvis jõudu, mis sunnib keha edasi nihkuma, s. o. läbima teatavat teed, ja kui keha on liikumatu, siis puudub töö. Edasi näidatakse samasuguste katsete abil, et töö on seda suurem, mida suurem on tee pikkus ja jõu suurus. Seejuures tuleb tingimata demonstreerida vihi tõstmist, vankrikese sõidutamist või koormusega lauakese vedamist lauda mööda, mõõtes dünamomeetri abil rakendatud jõudu (joon. 174). Alles pärast selliseid katseid saab defineerida mehaanilise töö suurust tema mõõtmisviisi kaudu, s. o. kui jõu korrutist teega:

$$\text{töö} = \text{jõud} \times \text{tee}.$$

Edasi tehakse kindlaks ja defineeritakse töö mõõtühik — kilogramm-meeter ja näidatakse tema lühendatud nimetuse *kGm* kirjapanekut. Pärast tööühiku kindlakstegemist lahendatakse treeningülesandeid. Nende lahendamisel tuleb algul nõuda töövalemi kirjapanemist sõnadega ja alles hiljem võib üle minna tähistamisele tähtede abil:

$$A = P \cdot s.$$

Ülaltoodud kaalutlustel tuleb peale kilogramm-meetri kasutusele võtta veel teine ühik — džaul (ja kilodžaul), osutades vahekordadele:

1 džaul (J) = 0,102 *kGm*;
1 kilodžaul (kJ) = 1000 džauli = 102 *kGm*.

Ei tarvitse nõuda nende vahekordade päheõppimist, kuid 2—3 ülesande abil tuleb näidata, kuidas toimub kilogramm-meetrite ümberarvutamine džaulideks. Väga tähtis on ülesanne, mis konkretiseerib kujutlust 1 *kGm* ja 1 džauli suurusest tööst ja mis nõuab kõrguste arvutamist, milledele tuleb tõsta mitmesuguseid koormusi. On vajalik, et õpilased teeksid joonestise, mis on sarnane joonisel 176 näidatuga.

4. Võimsus. Võimsusmõiste tehakse kindlaks harilikult sellekohase näite põhjal koormuse (näiteks telliste, vee) tõstmisega või kandmisega, mida sooritavad nooruk, täiskasvanu ja mingi masin, millega tehakse mehaanilist tööd. Kiiruse iseloomustamiseks võe-

takse tarvitusele võimsuse mõiste. Defineerida võimsust kui tööd ajaühiku jooksul ei ole õige, kui töö suhet ajaga aga on keerukas.

Seepärast piirdudes selle mõiste kirjeldamisega õpilastele, tuleb neile soovitada meeles pidada järgmist:

Selleks et arvutada võimsust, tuleb tehtud töö jagada ajaga, mille jooksul see töö tehti:

$$\text{võimsus} = \frac{\text{töö}}{\text{aeg}}.$$

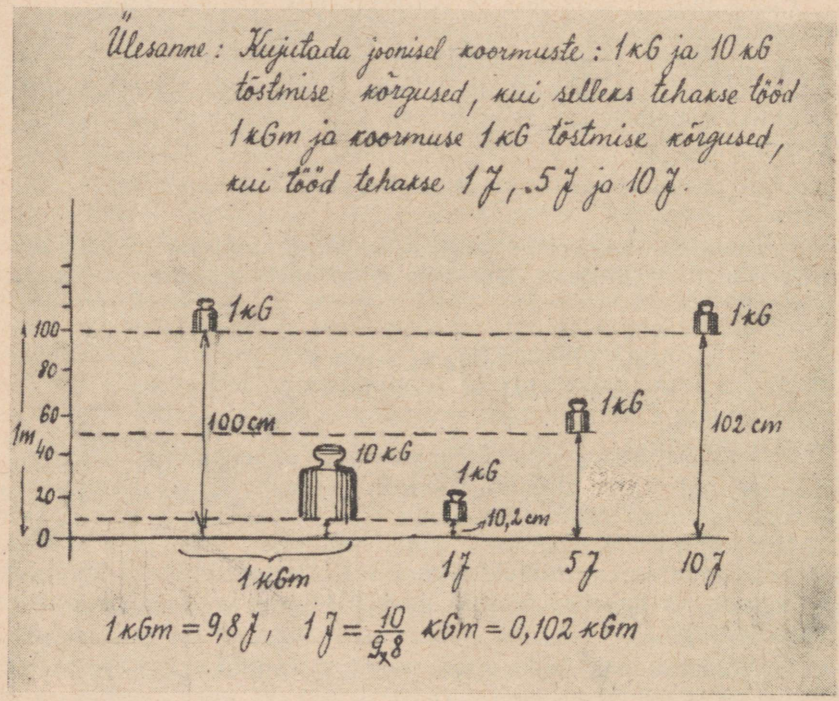
Edasi võetakse kasutusele võimsusühikud 1 $\frac{kGm}{sek}$, 1 W ja 1 kW:

$$1\ kW = 1000\ W = 102\frac{kGm}{sek}.$$

Samuti tuleb kasutusele võtta ühik hobujõud, arvestades jaos 2 antud näpunäidet:

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

Lõpuks lahendatakse ülesandeid võimsuse määramiseks ja ka kilovattide hobujõududeks ja tagasi ümberarvutamiseks.



Joon. 176. Õpilase tehtud joonis kõrguste võrdlemiseks, mille võrra tuleb tõsta erinevaid koormusi, et sooritada ettenähtud tööd.

Valemi $N = \frac{A}{t}$ kasutuselevõtmine ei ole kohustuslik.

Tähtsad on ka konkreetse sisuga ülesanded aja ja töö võrdlemiseks mitmesuguste võimsuste kasutamisel.

5. Jõumasinate võimsuse mõiste. Õpilastele tuleb selgitada, mida mõistetakse elustööjõu normaalse võimsusega; see on niisugune võimsus, mida inimese või looma organism võib arendada tööpäeva jooksul ilma kahjuta endale (inimese kohta umbes 0,1 *HJ*, hobuse kohta 0,5 *HJ*). Samuti tuleb näite abil selgitada, et inimene võib lühikeseks ajaks arendada ka suuremat võimsust, näiteks kiirel trepist ülesjooksmisel, rebimisel ja tõukamisel. On kasulik anda õpilastele ülesanne võrrelda oma võimsusi kiirel ülesjooksmisel ja normaalsel käigul maja treppi mööda.

Võttes abiks aegsasti valmistatud diagrammi, on kasulik tutvustada auto, veduri, elektriveduri, lennuki jms. normaalvõimsustega.

6. Kodune töö. Õpilastele antakse lahendada ülesandeid mehaanilise töö ja võimsuse arvutamiseks. Tüüpiliseks ülesandeks kõige keerukamatest nendes küsimustes oleks näiteks selline:

Missuguse aja jooksul suudab jõumasin võimsusega 5 *kW* pumbata 10 m^3 vett paaki, mis asetseb 5 *m* kõrgusel?

§ 83. Lihtmehhanismid.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ **34**, 4, 6 ja 7, **64**, 1—4 ja 7.

1. Sisu: a) Jõu muundamine lihtsaimate mehhanismide abil. b) Plokid: liikuv ja liikumatu plokk. c) Kang. d) Kaldpind. e) Mehaanika kuldreegel. f) Kasuteguri mõiste. g) Laboratoorne töö kangiseaduse tundmaõppimiseks.

2. Metoodilisi märkmeid. Lihtmehhanisme õpitakse tundma eelkõige selleks, et vaadelda jõudude muundamise ehk teiste sõnadega — jõus võidu saamise võimaluse küsimust. Peale selle tuleb lihtmehhanismide abil kindlaks teha „mehaanika kuldreegel" [1], s. o. tees, et võites jõus kaotame tees, ja ümberpöördult. Kuldreegli tundmaõppimine on õpilastele ainsaks juhuks (kui mitte lugeda töö ja soojuse ekvivalentsuse küsimust) saada füüsika esimese kontsentri kogu ulatusel nagu „kinnitust" energia jäävuse seadusele; kõikidel ülejäänud juhtudel nad peavad, lähtudes sellest seadusest kui „aksioomist", rakendama teda ühtedele või teistele energeetilistele protsessidele. Lõpuks võetakse lihtmehhanismide õppimisel kasutusele kasuliku ning kahjuliku töö ja kasuteguri mõiste.

Lihtmehhanismideks on: plokid ja sealhulgas talid, kaldpind, kang ja pöör. Mehaanika kursuse lihtsustamiseks on täiesti võimalik

[1] Seda nimetust võib käsitlemisel mitte mainida.

välja jätta pööra ja talide õppimine. Vaieldavaks tuleb tunnustada kaldpinna küsimus, sest jõudude, kaldpinna pikkuse ja kõrguse vahekorra vastava reegli kindlakstegemine katse abil on õpilastele raske. Suuremat tähelepanu väärib järgmine seisukoht kaldpinna õppimise otstarbe ja koha suhtes. Erinevalt plokkidest ja kangidest, millede kohta seaduspärasuse leidmisel võib välja jätta hõõrdumise, on kaldpinna kohta jõudude vahekorra katselisel kindlakstegemisel hõõrdumise mõju üsna tunduv. Seepärast võivad mõõtmise tulemused vaevalt olla seaduspärasuse põhjendamiseks, seda enam tööde võrdsuse kindlakstegemiseks. Raskuste vältimiseks tuleb, erinevalt plokkide ja kangide tundmaõppimisest, kaldpinna kohta seaduspärasuse kindlakstegemisel lähtuda vahetult mehaanika kuldreeglist. Siis on arvutuse järgi oodatava ja katsel mõõdetud jõu suuruse erinevus kasutatav kasuliku ja kahjuliku töö mõiste kindlakstegemiseks ja kasuteguri mõiste kasutuselevõtmiseks.

3. **Sissejuhatav vestlus.** Lihtmehhanismide õppimisele peab eelnema lühike sissejuhatav vestlus, mis orienteerib õpilasi järgnevale käsitlusele kuuluva küsimuste ringi kohta. Selleks esitatakse küsimus jõu edasiandmise viisidest teiba või kangi ja nööri abil, nii nagu seda näiteks tehakse stabiilses õpikus (I osa, §§ **65** ja **70**). Küsimust selgitatakse mitte ainult näidete, vaid ka vastavate demonstratsioonide abil. Peale selle näidatakse, et kangi ja nööri abil võib muuta jõu suunda, s. o. näiteks et koormust võib tõsta tõmbamisel ülalt alla või kõrvale.

Pärast üldisi näiteid jõus võidu saamise võimaluse kohta minnakse üle lihtmehhanismide õppimisele, kusjuures nende definitsiooni ei tule anda.

4. **Plokid.** Nende õppimist tuleb alata ploki otstarbe lühikesest selgitusest ja tutvumisest tema ehitusega. Esmalt õpitakse liikumatut, siis liikuvat plokki. Õppimine toimub demonstratsioon-katsete najal, mis piirduvad koormuse tõstmisel nöörile rakendatavate jõudude mõõtmisega dünamomeetri abil. Seejuures mõõdetakse ka jõudude rakenduspunktide poolt käidud teed ja arvutatakse jõudude poolt tehtud tööd. Tulemusena tehakse kindlaks juhtlaused: 1) liikumatu plokk ei anna võitu jõus; 2) liikuv plokk võimaldab saada võitu jõus kaks korda; 3) võitu töös on võimatu saada liikuva ploki, samuti nagu liikumatugi ploki abil, sest saades võitu jõus kaks korda, kaotame tees samuti 2 korda. Niiviisi valmistatakse õpilased ette mehaanika „kuldreegli" kasutamisele. Joonistamise puhul tahvlile ja nende kopeerimisel vihikutesse tuleb jälgida seda, et jõudusid kujutatakse mastaabi järgi.

5. **Kangid.** Siin tuleb esmalt anda demonstratsioonide ja näidete abil üldine kujutlus kangist ja tema rakendamisest võidu saamiseks jõus (kvantitatiivsete sõltuvuste kindlaksmääramiseta). Edasi kujutatakse joonestisel nii ühe- kui kahepoolse kangi skeemid ja võetakse kasutusele vastav terminoloogia — toetuspunkt, õlad. Katsete abil tehakse kindlaks, et jõu rakendamisel kõige pikemale õlale

tekib lühikesel õlal suurem jõud ja ümberpöördult. Edasi on kõige otstarbekohasem korraldada laboratoorne töö selleks, et õpilased ise määraksid katsest nii ühe- kui ka kahepoolse kangi tasakaalu tingimused. Nii demonstreerimistel kui ka laboratoorsetel töödel tuleb esmalt mõõta jõudude rakenduspunktide nihkumiste pikkused ja alles siis minna üle õlgade küsimusele. Sellisel teel tuleb ühendada ühepoolsed ja kahepoolsed kangid ühtseks mehhanismide rühmaks. Seda sarnadust mitmesuguste mehhanismide seadustes tuleb igati rõhutada, mitte aga käsitella igaühte mehhanismidest kui midagi erilist, isegi nii sarnaste puhul, kui seda on ühe- ja kahepoolsed kangid. Kui laboratoorset tööd ei järgne, siis peab õpetaja oma demonstratsioon-katsest saama arvulisi andmeid jõudude ja kangi õlgade kohta. Nende arvuliste andmete kõrvutamise põhjal sõnastatakse kangiseadus, mida võiks väljendada näiteks nii: „kangi tasakaaluks on vajalik, et jõudude õlad oleksid pöördvõrdelised jõududega". Kasulik on ka meeles pidada, et võit jõus võrdub õlgade pöördsuhtega.

Kangiseadus pannakse kirja mitte ainult vahekorra

$$\frac{P}{Q} = \frac{q}{p},$$ vaid ka $Pp = Qq$ kujul.

Edasi lahendatakse treeningülesandeid, algul kõige lihtsamaid, näiteks umbes järgmisi:

I. Kangi üks õlg on teisest 5 korda pikem. Kui suurt võitu jõus võib saada selle kangi abil?

II. Kangi üks õlg on 10 *cm*, teine — 30 *cm*. Kui suurt võitu jõus võib saada?

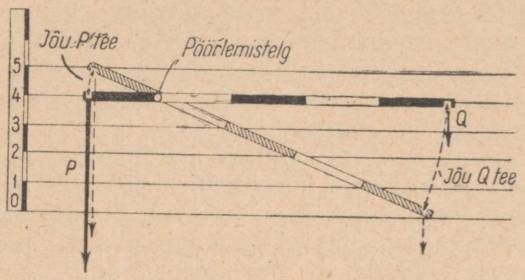
Siis siirdutakse arvutusülesannete lahendamisele võrde abil.

Kangide kasutamise vaatlemine igapäevases elus ja tehnikas on kohustuslik. Materjali selle küsimuse kohta leidub füüsika õpikutes harilikult küllaldasel määral.

Mõõtes jõudude rakenduspunktide nihkumist kangi töös, on kohustuslik näidata jõudude poolt tehtud töö arvutamise abil, et kangi abil me ei saa võitu töös, või et võidule jõus kaasneb kaotus nihkes (joon. 177). Seda järeldust, mis on kindlaks tehtud nii kangide kui ka plokkide kohta, üldistatakse „kuldreegli" kujul ja kasutatakse kaldpinna tundmaõppimisel.

6. Kaldpind. Kasutegur. Kaldpinna õppimist tuleb alata mehaanika „kuldreegli" alusel ülaltoodud kaalutlustel (vt. jagu 2). Lähtudes teesist, et võitu töös pole võimalik saada, selgitatakse õpilastele, et töö koormuse tõstmisel ühele ja samale kõrgusele vertikaali või kaldpinda mööda peab olema võrdne. Edasi näidatakse lihtsate arvutustega, et jõud, mida on vajalik koormuse tõstmiseks kaldpinda mööda, peab olema nii mitu korda väiksem, kui mitu korda kaldpinna pikkus on suurem tema kõrgusest (joon. 178). Nende küsimuste sel-

gitamine sel vältimatul tingimusel, et temaga käib kaasas kaldpinna demonstreerimine ja arvuliste näidete esitamine, ehkki valmistab teatavaid raskusi, lubab järelduse sellest siiski tunnustada õpilastele jõukohaseks. See võte osutub metoodiliselt väärtuslikuks veel sellega, et on esimeseks katseks lahendada küsimust teoreetiliselt, lähtudes „kuldreeglist". Edasi mõõdetakse dünamomeetri abil jõu suurust, mida rakendatakse koormuse tõstmiseks kaldpinda mööda, ja tehakse kindlaks, et jõud on suurem, kui oli oodata arvutuse järgi. Selle nähtuse põhjust võib selgitada, võrreldes katseliselt tõmbejõude kehal, mis libiseb hõõrdumisega kaldpinda mööda ja mis veereb seda mööda. Siis võib rääkida tööst, mida tehakse mitte ainult koormuse tõstmiseks, vaid ka hõõrdumise ületamiseks, ja võtta kasutusele kasuliku ja „kahjuliku" töö mõiste. Pärast seda, illustreerides küsimust näidetega, võetakse kasutusele mõiste kasutegur kui kasuliku töö suhe kogu kulutatud tööga:

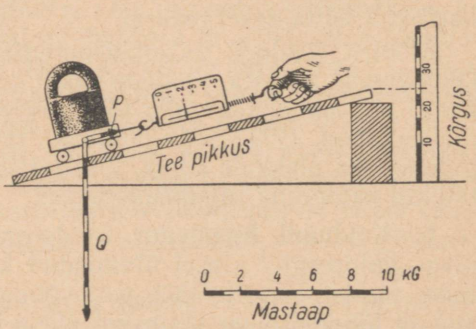


Joon. 177. Mehaanika „kuldreegel" (tööde võrdsus).

$$\text{kasutegur} = \frac{\text{kasulik töö}}{\text{kulutatud töö}}.$$

Edasi näidatakse, mis tähendus on kasuteguri rakendamisel plokkidele, kangile ja teistele masinatele. Lõpuks lahendatakse ülesandeid, mis soodustaksid kaldpinna seaduspärasuse mõistmist ning omandamist ja avaksid kasuteguri tähenduse rakenduses masinatele üldse.

7. Ajalooline materjal. Seoses lihtmasinate õppimisega on soovitav üldhariduslikus mõttes informeerida õpilasi nende masinate rakendamisest kõige kaugemas minevikus ja anda jõukohasel määral Arhimedese kui ühe suurima mehaaniku iseloomustus.



Joon. 178. Kaldpind.

8. Näitlikud vahendid. Kangide kasutamise vaatlemisel tuleb näidata selliseid esemeid ja tööriistu, nagu suhkrutangid, tangid,

haamer, käärid, lõiketangid jms. Vastavate ülesannete lahendamisel osutuvad väga kasulikeks: kaevuvinna, tõstekraana, käru jms. mudelid, mis on koostatud kogumist „Konstruktor".

9. Laboratoorsed tööd. Laboratoorse töö sooritamist kangiteemal tuleb tunnustada kohustuslikuks, seda enam, et tema organiseerimiseks vajatakse kõige primitiivsemaid riistu, mida on kerge valmistada oma jõuga. Tööle tuleb anda uurimise laad, kuid mitte selle eesmärgiga, et õpilased „avastaksid" kangi seaduse, vaid selleks, et nad saaksid mõõtmiste põhjal rea suurusi, mida õpetaja võiks kasutada vestluses pöördvõrdelisuse kindlakstegemiseks. Väga soovitav on ka korraldada laboratoorne töö kaldpinna tundmaõppimiseks ja peaasi — et õpilased paremini mõistaksid kasuteguri küsimust.

10. Kodune töö. Õpilastele antakse lahendada ülesandeid kangide, kaldpinna ja kasuteguri kohta. Tuleb püüda selle poole, et nende tingimused oleksid füüsikalised, et ülesanded peale arvutustes treneerimise tutvustaksid lihtmehhanismide tegelike rakendustega masinates.

11. Klassivälised tööd. Klassivälises töös pakub suurt huvi õpilastele mitmesuguste mudelite ja masinate koostamine kogumist „Konstruktor". Selliste mudelitega soovitatakse tutvustada õpilasi ka liikumise edasiandmise mitmesuguste viisidega (hammasrattad, rihmülekanded jms.).

§ 84. Energia mõiste.

Demonstratsioon-katsed vt. II k., § 34, 3 ja 5.

1. Sisu: a) Kineetiline ja potentsiaalne energia. b) Potentsiaalse energia üleminek kineetiliseks energiaks ja vastupidi. c) Mehaanilise energia üleminek soojusenergiaks ja vastupidi. d) Soojuse mehaaniline ekvivalent. e) Energia jäävuse seadus.

2. Metoodilisi märkmeid. Käesoleval ajal ei saa kujutella endale füüsika kuitahes elementaarset üldhariduslikku laadi käsitlust ilma energia ja selle muundumiste mõiste kasutamiseta. See mõiste ei saa olla vaid ühtede või teiste kujutluste „järelduseks" või „viimistluseks": ta peab moodustama nende aluse ja teda tuleb kasutusele võtta võimalikult varakult kas või juba sellepärast, et paljudest nähtustest ei saa lihtsalt rääkidagi kasutamata energia mõistet.

See mõiste on kujunenud nagu alg-, mittedefineeritavaks mõisteks, ja veel enam — mõisteks, mis defineerib uutmoodi teisi mõisteid. Sellised mõisted, nagu soojushulk, erisoojus, sulamis- ja keemissoojus, elektrivool jt., saavad hoopis teistsuguse tõlgenduse nende vaatlemisel energia ja tema jäävuse seisukohalt. Need mõisted ilmusid füüsikaliste mõistete ringi ajal, kui seda energeetilist kujutlust veel ei olnud ja seepärast kannavad nad endal hoopis teise maailmapildi pitserit.

Kas võib aga praegu, XX sajandi keskel, õppida neid, mitte andes neile seda energeetilist tõlgendust, ja kas võib jääda vanadele seisukohtadele, millal ei olnud midagi ühendavat soojuse ja elektri vahel, elektrivoolu ja lihtmehhanismide seaduste vahel? Kahtlemata ei või — mitte ainult sellepärast, et siis puuduksid käsitlemisel füüsika kui teaduse alused, vaid veel ka sel põhjusel, et just kasutades energia mõistet osutub lihtsamaks ja kergemaks tajuda teisi põhimõisteid.

Energeetilised, samuti nagu igasugused teisedki kujutlused vajavad katseliste faktide tundmaõppimist; nad on ka meie poolt aistingutes tajutava looduse reaalse tõelisuse peegelduseks.

Iga mõiste täpsustatakse ning mõistetakse tema rakendustes ja õpilasele, kes alles algab füüsika õppimist, ei saa lühikese lausega täiesti arusaadavalt defineerida, mis on energia. Energia mõiste on väga tihedalt seotud tema jäävusega, tema üleminekuga ühest liigist teise alati rangelt ekvivalentsetes hulkades. Energia mitmesuguste liikide ekvivalentide kindlakstegemiseta me ei saa näidata selle suuruse kogu tähtsust.[1] On ilmne, et õpetaja, käsitelles käesolevat teemat, ei saa tuua ei küllalt fakte ega anda neile vajalikku valgustust, selleks et nende põhjal tekiks õpilastel kuigi viimisteldud ja lai mõiste energiast ja tema jäävuse seadusest. Seepärast on käesoleva teema ülesanne tagasihoidlikum ja piirdub esimeste kujutluste loomisega energiast ning energia jäävuse seaduse formaalse omandamisega. Järgnevas teemas peab küsimus energiast ja tema jäävuse seadusest läbima punase niidina kogu käsitlust, selleks et ühelt poolt kergendada seda käsitlust, teiselt aga soodustada energia mõiste kujundamist. Eriti tähtis on ka täpselt selgitada, et varemalt kindlakstehtud „kuldreegel" on energia jäävuse seaduseks tema rakenduses mehaanilistele protsessidele. Mitte vähema, kui mitte suurema tähtsusega on energiamõiste kujundamiseks ja energia jäävuse seaduse mõtte avamiseks elektri kursuse tundmaõppimine. Selle teema käsitlemisel tuleb, nagu nimetasime § 77, pöörata tähelepanu sellele, et õpilased kalduvad panema võrdusmärki energia ja mehaanilise töö vahele.[2] Vahel soovitatakse esimestes tundides mitte tarvitusele võtta oskussõna „energia" ja kasutada väljendust „võime tööd teha" või „töövõime", mis aga on hulga halvem.

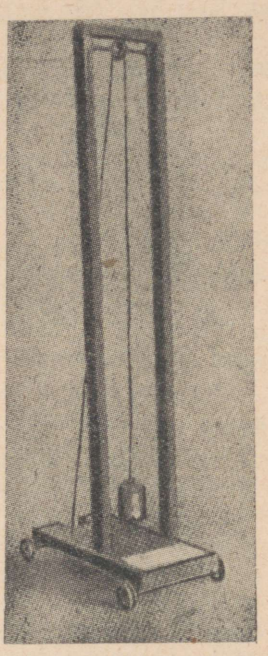
3. Potentsiaalne ja kineetiline energia. Energiamõiste võetakse kasutusele esialgu mehaanilise energia kohta ja alles hiljem laien-

---

[1] Ei ole juhuslik, et kuni teaduses ei olnud kindlaks tehtud seos soojuse ja töö vahel, siis ühtede mehaaniliste nähtuste valdkonnas energia mõistet õieti ei olnudki. Olid „elavad jõud", oli tööde võrdsuse ja potentsiaalse funktsiooni „kuldreegel", kuid seda (üldist) energia mõistet, mis hiljem tuli mehaanikasse pärast energia jäävuse ja muundumise seaduse kindlakstegemist, selleni ei olnud olemas.

[2] Kaasaegne füüsika omistab kindlat energia suurust igale materiaalsele kehale või kehade süsteemile, kui see süsteem on võimeline sooritama mehaanilist tööd. Selle töö suurus mõõdab süsteemi energia suurust; energia ise aga ei ole mehaaniline suurus, s. o. töö.

datakse teda teistele liikidele. Mehaanilise energia mõiste ehitatakse igapäevase elu praktikast võetud näidete vaatlemise alusele, samuti ka katsete abil. Õpetaja peab eelkõige tõestama õpilastele, et teatavatel tingimustel mehaanilised kehad on võimelised tegema mehaanilist tööd. Käsitlemist alatakse katsega, mis näitab, et teatavale kõrgusele tõstetud kehal on selline võime. Katseks tuleb kasutada vankrikest või platvormi, mida pannakse liikuma langeva koormuse abil (joon. 179-I). Koormus, laskudes alla, paneb vankrikese või platvormi veerema või libisema lauda mööda ja teeb sellega mehaanilist tööd. Ei ole raske selgitada õpilastele, et vihil, laskudes põrandale, on veel töövõimet, s. t. ta võiks näiteks põranda puudumisel teha tööd, langedes edasi kuni Maa pinnani. Pole keerukas ka järeldus, et mida kõrgemale on viht tõstetud, seda suurem töövõime ehk suurem töövõime varu tal on, ehk teiste sõnadega, et vihi töövõime sõltub tema kõrgusest maapinnast. Samuti on oluline ettevalmistuseks energia jäävuse seadusele selgitada, et kui koormus tõstetakse maapinnalt üles inimese poolt, siis koormus saab töövõime töö arvel, mille inimene sooritas koormuse tõstmisel. Näidetena teatavale kõrgusele tõstetud kehade kasutamisest töö tegemiseks võib nimetada vihtidega seinakella ja pealtlöödavat vesiratast. Viimast tuleb demonstreerida; siis õpilased saavad peaaegu seletusteta aru tema töö printsiibist. Alles pärast kõiki neid seletusi, kui küsimuse olemus on teatava määrani selgitatud, võib kasutusele võtta oskussõna „energia" ja defineerida teda esialgu kui keha võimet teha mehaanilist tööd. Oskussõna „potentsiaalne" tuleb kasutusele võtta hiljem. Lõpuks korratakse kõiki tehtud järeldusi, harjutades õpilast rakendama uut oskussõna „energia".

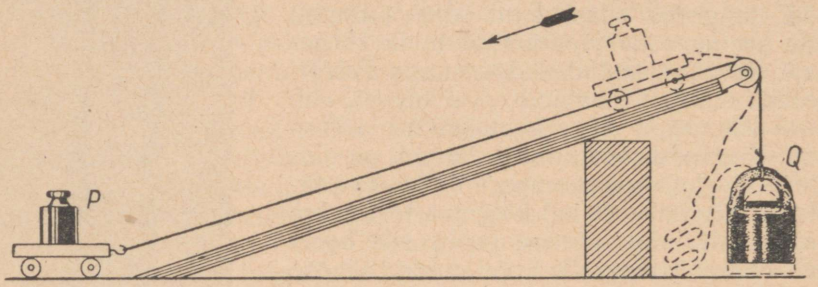


Joon. 179-I. Õpilaste tehtud vankrike, mida pannakse liikuma langeva koormuse abil.

Pärast seda minnakse üle energia teise põhiliigi — „kineetilise energia" mõiste kindlakstegemisele, vältides eelmistel seletustel meelega sellist terminoloogiat. Kineetilise energia mõiste tuleb samuti kasutusele võtta katsete ja vastavate näidete vaatlemise alusel. Selliste katsetena võib kasutada: vireli pöörlemapanemist õhu joas; võimalikult lihtsustatud Peltoni ratta töötamist. Kahjuks pole kaasaegses metoodikas küllaldaselt välja töötatud katse, mis vahetult, ja peaasi — lihtsalt näitaks õpilastele, et liikuv tahke keha on võimeline tegema tööd. Kõige kasulikum on katse, mis on näidatud joonisel 179-II. Vankrike koormusega *P*, veeredes alla kaldpinnal,

võib tõsta koormuse Q, mis on suurem vankrikese ja koormuse P kaalust.[1] Katsete ja näidete tulemusena peavad õpilased aru saama ja omandama järgmised juhtlaused: 1) igal liikuval kehal on võime teha tööd ehk teiste sõnadega — on energiat ja 2) töövõime suurus ehk energia varu ühe ja sama keha jaoks on sõltuv tema liikumise kiirusest. Viimase juhtlause teadmine on oluline selleks, et järgnevas otsustada kineetilise energia suurenemise või vähenemise üle liikumise kiiruse muutumise järgi.

Olles vaadelnud mehaanilise energia kaht põhiliiki, tuleb alla kriipsutada nende liikide põhimõttelist erinevust, nimetades, et üks



Joon. 179-II. Koormusega P liikuv vankrike on võimeline tõstma koormust $Q > P$.

neist on „ilmne", teine aga „varjatud", s. o. selline, mis võib ilmsiks tulla ainult teatavail tingimustel. Pärast seda, seletades sõnade „potentsiaalne" ja „kineetiline"[2] tähendust, selleks et õpilased saaksid aru nende mõttest, võetaksegi kasutusele vastav terminoloogia. Lõpuks esitatakse kineetilise energia potentsiaalseks energiaks muundumise küsimus ja ümberpöördult. Seejuures on väga oluline selgitada, et energia ühe liigi varu vähenemine viib energia teise liigi varu suurenemisele. Siin tuleb eelkõige võtta abiks näidete (kiiruse suurenemine vabal langemisel, tema vähenemine vertikaalsel lennul üles jms.) vaatlemist ja pärast seda demonstreerida Maxwelli pendlit.

4. Energia liigid. Põhimine juhtlause, mis vajab selgitamist, seisab selles, et keha energia võib sõltuda mitte ainult tema asendist või liikumisest, vaid ka teistest tema kvaliteetidest ehk omadustest, ehk teiste sõnadega — et kehal võib olla mitte ainult mehaanilise, vaid ka energia teiste liikide varu. Need energia liigid tuleb esile tuua vastavatel katsetel ja näidetel. Õpitakse tundma järgmisi energia liike:

---

[1] Palju paremaks katseks on vesioina (vt. F. E., V k., § **15**, 1) töötamine, kuid selle seletamine on kahjuks vähe jõukohane seitsmeklassilise kooli õpilastele.

[2] P o t e n s (lad.) — võimeline; k i n e m a (kr.) — liikumine.

1) Elastse keha energia. Mistahes vedrumehhanism (kell, üleskeeratav mänguasi) on kasutatav energia selle liigi demonstreerimiseks (joon. 23). Samuti tuleb selgitada, et elastse keha energia on potentsiaalne energia ja et ülestõstetud koormuse energia, liikuva keha energia ja elastse keha energia kannavad mehaanilise energia üldnimetust.

2) Soojusenergia. Selle ilmsikstegemiseks, et soojus on üheks energia liigiks, võib kasutada katset korgiga, mille aur viskab välja metallsilindrikesest, milles soojendatakse vett piiritus-lambil.

Samuti on kasulik näidata aurumasina (joon. 20) ehk kas või primitiivse auruturbiini töötamist.

3) Elektrienergiat demonstreeritakse elektrimootori mudeli (joon. 24) või elekterkõlistiga, mida pannakse tegevusse vooluallika abil.

4) Tuleb mainida ka, et valgus on üks energia liikidest, ja tuua näitena valguse osa süsiniku assimileerimisel taimede poolt — nähtust, mis on õpilastele juba tuntud botaanikast.

5) Võttes kasutusele keemilise energia mõistet, tuleb viidata sellele, et teda on olemas mitmesugustes kütustes ja lõhkeainetes.

Energia mitmesuguste liikide loetlemisel tuleb teha vastavaid katseid, mis näitaksid, et antud energia liik võib muunduda mehaanilise liikumise energiaks.

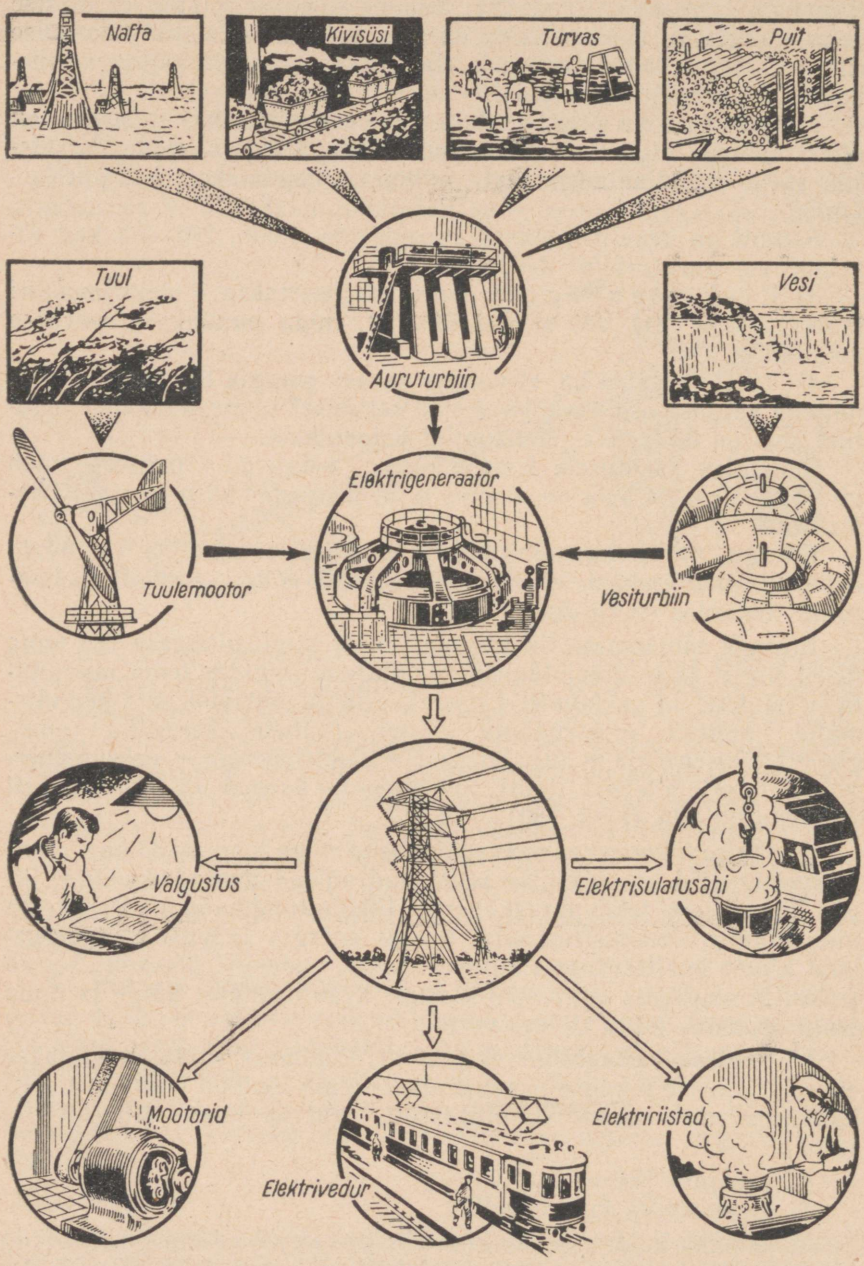
Energia tähtsamate liikide vaatlemise järel minnakse üle tema ühest liigist teise muundumise küsimusele, jälgides tema muundumist näidetel ja vastavatel katsetel, esialgu lihtsatel, siis keerukamatel, näiteks elektrijaama näitel (kütuse keemiline energia → soojusenergia → auru energia → elektrienergia → valguseenergia (kiirgav) ja teised liigid). Seejuures on kasulik näidata aegsasti valmistatud pilti (joon. 180).

Õppimise tulemusena peavad õpilased omandama, et 1) on olemas mitmesuguseid energia liike ja 2) nad võivad muunduda ühest liigist teise. Seega tekib pärast energia liikide tundmaõppimist ja tema muundumise demonstreerimist tutvus energia jäävuse seadusega, kuid ainult kvalitatiivsest küljest. Õpetaja edasine ülesanne seisab selles, et selgitada õpilastele seaduse kvantitatiivset külge ja anda tema sõnastus klassikalises vormis.

5. Soojuse mehaaniline ekvivalent. Põhiteese, mida kasutatakse energia jäävuse seaduse sissetoomiseks tema lõplikul kujul, s. o. hindamisega mitte ainult kvalitatiivselt, vaid ka kvantitatiivselt, on kaks:

1) „soojuse jäävus" ja
2) „mehaanika kuldreegel".

Mehaanika kuldreegel on kindlaks tehtud juba lihtmehhanismide tundmaõppimisel ja ülesanne piirdub seega „soojuse jäävuse" küsimuse selgitamisega, kusjuures pole vaja, selleks et vältida raskusi



Joon. 180. Energia muundumise skeem tema edasiandmisel elektrivoolu abil.

õpilastele, võtta kasutusele oskussõna „soojuse jäävus". Eelkõige tuleb taastada õpilaste mälus kalorimeetriline protsess seaduspärasuse kujul: niipalju kui üks keha kaotab soojust, samapalju soojust saavad teised kehad. See tees sai õpilastele küllalt selgeks teema „Soojushulk" õppimisel ja vastavate laboratoorsete töödega kalorimeetri abil. Edasi tuleb omistada energeetiline tähendus soojushulga mõistele ja tema mõõtühikule — kalorile; selleks tuleb korrata eelmises jaos toodud katset, mis näitab soojuse muundumist mehaaniliseks tööks ja mis tõestab, et soojus on üks energia liikidest. Kuivõrd selles katses toimub soojuse muundumine mehaaniliseks tööks, sedavõrd tekib kaks küsimust: 1) protsessi „ümberpööratavusest" ja 2) nähtuse kvantitatiivsest küljest. Esimene neist küsimustest lahendatakse katseliselt Tyndall'i toru demonstreerimise teel, milles vedelik soojeneb toru seinte hõõrumisel puupakukese vastu. Teise küsimuse lahendamine, s. o. soojuse mehaanilise ekvivalendi kindlakstegemine katse abil, on koolis võimatu. Siiski tuleb anda kas või kõige üldisemates joontes kujutlus Joule'i katsest. Edasi tutvustatakse õpilasi sellega, et mehaanilise energia muundumisel soojuseks eraldub soojust vastavalt vahekorrale:

$$1\ kcal = 427\ kGm,$$

mis kannab soojuse mehaanilise ekvivalendi nimetust. Seejuures tuleb seletada oskussõna „ekvivalent" tähendust ja jutustada, miks vastavat vahekorda ei saa lugeda, et 1 *kcal* võrdub 427 *kGm*-ga, vaid tuleb öelda, et „soojushulk 1 *kcal* muundub mehaaniliseks tööks, mis on võrdne 427 *kGm*-ga". Pärast seda lahendatakse treeningülesandeid mehaanilise ekvivalendi kohta, selleks et õpilased saaksid küsimusest paremini aru ja peaksid meeles vahekorra arvsuuruse. Lõpuks tuleb rea näidete varal selgitada õpilastele soojuse eraldumise nähtust hõõrdumisel, löögil ja mõningates teistes mehaanilistes protsessides, samuti ka miks ei saa alati seda soojust ilmsiks teha. On oluline näidata mõned katsed, näiteks puupulgakese söestumist tema hõõrdumisel töötava elektrimootori rihmaratta vastu, sädemete tekkimist terase löögil tulekivi vastu, bensiini-tulemasina töötamist tulekiviga jms.

Lõpuks tuleb näidata õpilastele, et sama vahekord 1 *kcal* = = 427 *kGm* esineb soojusenergia muundumise juhul mehaaniliseks energiaks.

6. Energia jäävuse seadus. Soojuse jäävuse ja soojuse mehaanilise ekvivalendi küsimuse tundmaõppimine ja samuti „mehaanika kuldreegli" kindlakstegemine on, nagu juba mainisime, täiesti küllaldaseks põhjenduseks energia jäävuse seaduse tunnustamiseks juba tundmaõpitud energia ühest liigist teise muundumiste põhjal. Tuleb taotella, et õpilased saaksid hästi aru ja omandaksid kolm põhiteesi, mis sisalduvad energia jäävuse seaduses:

1) energia ei kao ega teki kunagi;

2) energia muundub ühest liigist teise;

3) energia muundumistel ühest liigist teise vastab ühe liigi energia kindlale hulgale alati teise liigi üks ja sama energia hulk.

Nende teeside sõnastamisel peab õpetaja muidugi illustreerima oma käsitlust rea näidetega. Täiesti võimalik on ka üles tõsta igavese jõumasina (perpetuum mobile) võimatuse küsimus kui näide sellest, et pole võimalik saada energiat „ei millestki". Antud juhul võib esitada õpilastele ülesande: „Kas liiguks igavesti veejõumasin (näiteks vesiratas), kui vesi pumbatakse üles pumba abil, mille paneb liikuma seesama jõumasin?"

Lõpuks tuleb nimetada, et ei oleks õige, kui õpetaja piirduks ainult näidetega füüsika valdkonnast. Energia jäävuse seadus on „üldine", s. t. ta on eranditult kõikide maailmas toimuvate protsesside aluseks, millist laadi nad ka ei oleks ja millistes tingimustes nad ka ei kulgeks. Energia jäävuse seadus on materialistliku maailmamõistmise aluseks ja arusaamine tema üldsusest on erakordselt tähtis dialektilis-materialistliku maailmavaate loomisel. Seepärast peab õpetaja, lõpetades energia jäävuse küsimusega, real näidetel selgitama seaduse üldsust.

7. Ajaloolised teatmed. Tunduvat huvi pakub harilikult õpilastele „igavese jõumasina" ehitamise katsete küsimus; seepärast tuleb sellest jutustada kas või kõige üldisemates joontes. Väärib ka mainimist, et imperaator P e e t e r I, mõistes perpetuum mobile suurt majanduslikku tähtsust, pidas läbirääkimisi sellise jõumasina saladuse omandamiseks.

Nimetades R. M a y e r'i nime ühenduses energia jäävuse seadusega, ei saa mainimata jätta J o u l e'i ja H e l m h o l t z i töid sel alal.

8. Ülesanded ja kodused tööd. Klassis tuleb lahendada mõned tehnilise sisuga ülesanded ülestõstetud koormuse potentsiaalse energia „varu" määramiseks ja treeningülesanded soojuse mehaanilise ekvivalendi kohta, näiteks:

I. Vaiade tagumiseks aluspinnasse kasutatakse „raudrammi", tõstes teda üles ja siis lastes tal langeda vaiale. Hinnake energia varu rammis, kui ta kaalub 0,5 *T* ja on tõstetud vaia otsast 80 *cm* kõrgusele.

II. Kui palju soojust eraldub 100 *kG* raskuse koormuse löögil, kui ta on kukkunud 20 *m* kõrguselt?

Peale sellise liigi tuleb kasutada küsimus-ülesandeid soojuse eraldumise kohta mehaanilistes protsessides, mida täheldatakse igapäevases elus ja tehnikas. Sealhulgas on olulised keerukamat liiki küsimused, näiteks:

III. Kas eraldub võrdne soojushulk ühesuguste löökide puhul haamriga tina pihta ja vetruva keha pihta?

Koduseks lahendamiseks võib anda keerulisemaid arvutusülesandeid, näiteks hüdrauliliste jõumasinate võimsuse määramiseks.

9. Klassivälised tööd. Tunduvat huvi, peale suure kasu, tekitab selliste „igaveste jõumasinate" projektide vaatlemine ringis, milledes võib õpilastega selgitada teaduslikku viga, mida on teinud leidurid.

§ 85. Jõumasinad.

Demonstratsioon-katsed vt. II k., §§ 14, 1—6 ja 40.

1. Sisu: a) Päike kui energia põhiallikas, mida kasutab inimene. b) Vee ja tuule energia kasutamine vee- ja tuulejõumasinates. c) Aurumasina ja sisepõlemismootori ehituse mõiste. d) Jõumasinate kasutamine tehnikas ja sõjaasjanduses.

2. Metoodilisi märkmeid. Käesolev teema on soojuse ja mehaanika õppimise lõppteemaks. Teema üks ülesandeist on näidata õpilastele, et inimese poolt kasutatava energia põhiallikaks on Päike. Selle küsimuse selgitamine aga ei ole võimalik päikeseenergia tähtsuse vaatlemiseta taimede ja loomade elule üldse. Pärast selle kindlakstegemist, et energia allikaks masinate käimapanemiseks on tuul, voolav ning langev vesi ja kütus, tutvustatakse õpilasi mitmesuguste tüüpiliste jõumasinate töötamise printsiipidega. Selliste jõumasinate hulka kuuluvad: tuulemootor, vesiratas, vesiturbiin, aurumasin ja auruturbiin, sisepõlemismootor. Kõige üksikasjalikumalt õpitakse tundma viimast kui suurima tähtsusega jõumasinat põllumajanduses ja liikluses. Jõumasinate käsitlemisel koondatakse kogu tähelepanu nende töötamise põhimõtte selgitamisele; jõumasinate ehitust aga vaadeldakse niipalju, kuipalju see osutub vajalikuks põhimõttelise külje esiletoomiseks. Seepärast peab käsitlus põhinema võimalikult lihtsustatud mudelite demonstreerimisel; kujutlust aga kaasaegsetest jõumasinatest antakse seinapiltide, diapositiivide või kõige parem — kinofilmide abil. Ekskursiooni mingite jõumasinate vaatlemiseks, nii kuidas on antud maakohas võimalusi, tuleb tunnustada tingimata tarvilikuks.

Käsitlemisel on vajalik, et õpilased saaksid üldise kujutluse meie Nõukogude Liidu energeetilisest baasist, saaksid teada stalinlikkude viisaastakute suurest tähtsusest, mis muutsid meie maa mahajäänud agraarmaast võimsaks tööstusmaaks ja võimaldasid Isamaasõja päevil purustada vaenlase pihuks ja põrmuks. Tuleb käsitella kommunismi suurehitusi Volgal, Dnepril ja Turkmeenia Peakanalil, millede valmimine põhjalikult muudab meie energia-majandust.[1] Teema läbiviimisel õpetajal tekkivad raskused on tingitud sellest, et tal tuleb rikkalikust materjalist jõumasinate kohta valida välja kõige olulisem, laskmata mitmesuguste tehniliste detailide kirjeldustesse.

3. Päike kui energia allikas. Selle küsimuse käsitlemisel tuleb õpilastele esitada ja selgitada järgmised juhtlaused:

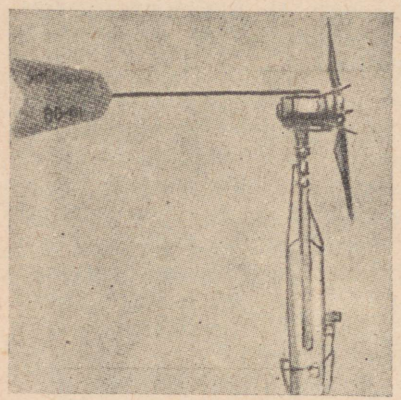
---

[1] Selle kohta leidub rikkalikku materjali ajakirjades „Техника молодежи" ja „Знание—сила".

1) Päike on soojuse- ja valguseallikaks Maale, luues sellega kaks tarvilikku (kuid mitte piisavat) tingimust taimede, loomade ja inimese elu olemasoluks.

2) Taimedes, mis vajavad oma arenguks kindlaid temperatuuritingimusi, toimub päikesekiirte energia arvel süsiniku assimileerimine õhust ja keemilise energia varumine orgaaniliste ühendite kujul.

3) Inimesed ja loomad saavad nende olemasoluks vajalikku energiat toidu kujul, mis koosneb põhimiselt orgaanilistest ühenditest, kasutades lõppkokkuvõttes järelikult Päikese energiat.



Joon. 181. Vishomi tuulejõujaam, võimsusega 150 *W*.

4) Inimene, põletades kütust ja muutes sellega keemilist energiat soojuseks, võib kasutada seda energiat jõumasinates mehaaniliseks tööks (materjalide töötlemine ja transport) (joon. 180).

5) Päike tekitab vee ringkäiku looduses, mille tõttu vee potentsiaalse ja kineetilise energia kasutamine jõumasinates on lõppkokkuvõttes Päikese energia kasutamine (joon. 169).

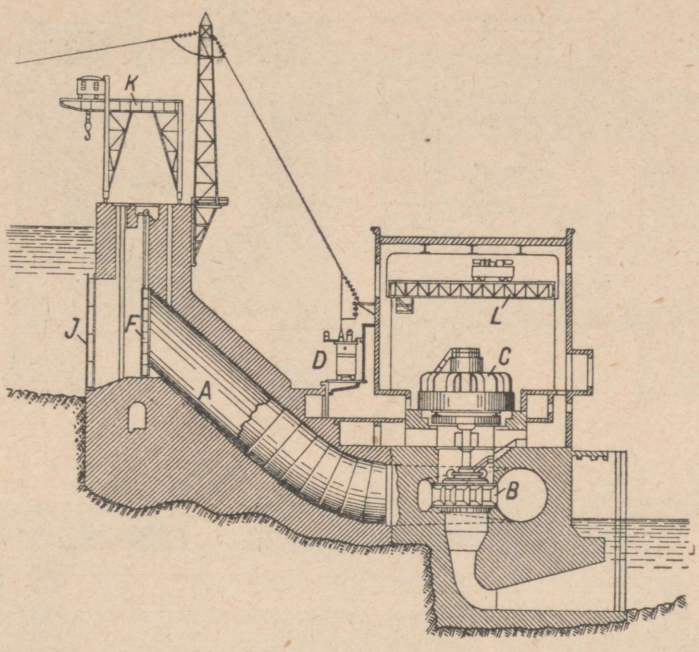
6) Tuuled on Päikese poolt maapinna mitteühesuguse soojenemise tulemuseks (joon. 160), seepärast töötavad tuulemootorid päikeseenergia arvel.

Õpetajatel tuleb silmas pidada Vishomi tuulejõujaama sisseseadmise äärmist soovitavust koolis, mida võib kasutada mitte ainult elektrienergia saamiseks, vaid peamiselt kui väga väärtuslikku metoodilist vahendit (joon. 181).

4. Tuulemootor. Tuulemootori töötamise printsiipi selgitatakse lihtsaima vireli demonstreerimisel, mis pannakse tegevusse puhumisega. Seletus seisab selles, et tuul, avaldades rõhku põigiti asetsevatele labadele, põhjustab vireli pöörlemise. Näidates pilte kaasaegsetest tuulemootoritest (joon. 50), peab õpetaja selgitama nende tähtsust rahvamajanduses (niisutamine, teravilja jahvatamine) ja osutama nendele puudustele, mis takistavad nende laialdast levikut (võrdlemisi väike võimsus, sõltuvus tuule olemasolust).

5. Veejõumasinad. Jutustamisel veejõumasinatest selgitatakse esimeseks paisu ülesannet, mis peab kinni vett ja tekitab tasemete vahet. Siis näidatakse, kui seda ei ole tehtud juba varem (§ 83), pealtlöödava vesiratta ja veejoa-turbiini töötamist (joon. 26) ja antakse nende töötamise põhimõtte seletus. Kaasaegsete turbiinide ehitust, välja arvatud Peltoni ratta oma, vaadelda ei tule, sest nende

töötamise põhimõtte seletus on õpilastele keerukas ja nõuaks võrdlemisi palju aega. Seepärast võib piirduda turbiini rootori ning spiraalikujulise kere kuju, samuti ka paisukehas oleva torustiku läbilõike näitamisega pildil (joon. 36 ja 182). Õpilastele tuleb selgitada ja nad peavad meeles pidama oskussõnad: turbiin, hüdroelektrijaam, valge süsi jms. Lõpuks vaadeldakse hüdroenergia kasu-

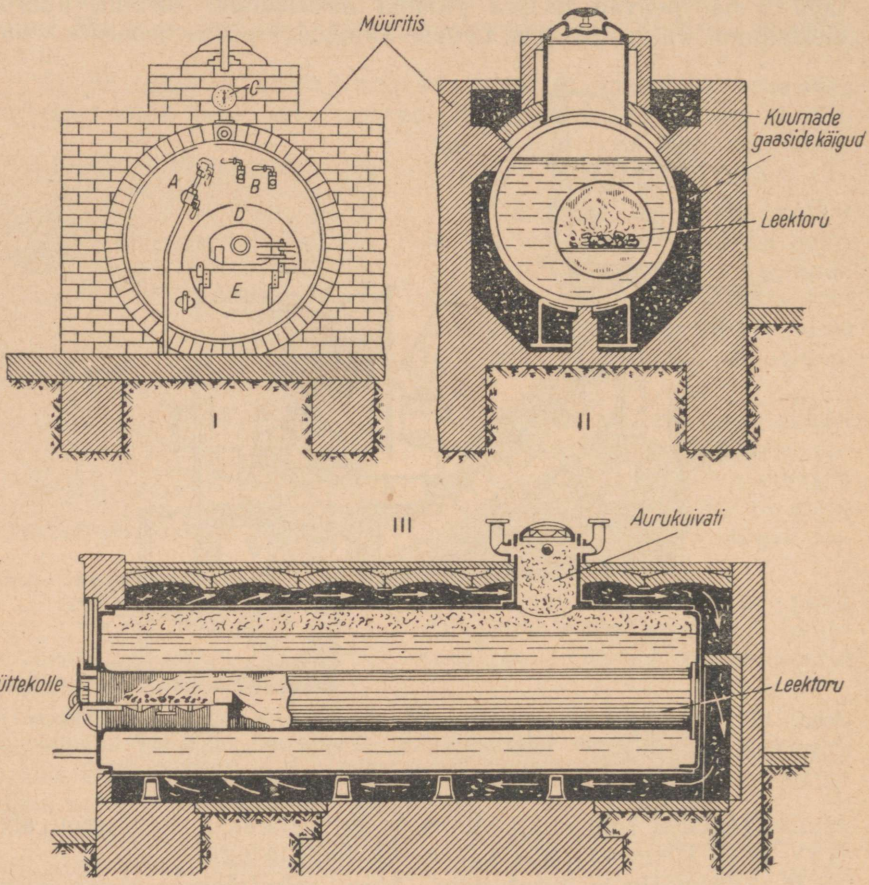


Joon. 182. Kaasaegse hüdroelektrijaama läbilõige. *K* ja *L* — sildkraanad; *J* — võre; *F* — kilp vee sulgemiseks; *A* — toru, mis juhib vee turbiinile *B*; *C* — alternaator (voolugeneraator); *D* — transformaator.

tamise tähtsust rahvamajanduses ja tutvustatakse diagrammi abil NSV Liidu kõige suuremate jaamade võimsustega.

6. Aurumasin ja auruturbiin. Algul selgitatakse, et iga auruseade koosneb kahest põhiosast: 1) aurukatlast, kus põleva kütuse energia arvel saadakse auru, millel on energiat, ja 2) jõumasinast, milles aurus sisalduv energia kasutatakse mehaanilise töö saamiseks. Selle teesi selgitamisel tuleb näidata aurumasina mudelit (joon. 20). Aurukatla mõiste antakse kõige üldisemates joontes, milleks soovitatakse tutvustada ainult leektorukatla ehitusega, vaatamata et ta on vananenud. Seletustel tuleb kasutada pilti, mis on valmistatud näiteks joonise 183 järgi. Suitsutoru-aurukatelde ehitust on mõte vaadelda ainult sel juhul, kui organiseeritakse ekskursioon veduri vaatlemiseks (joon. 184). Veetoru- ja seda enam püsttorukatlaid ei õpita. Aurukatla armatuuri vaatlemine ei ole kohustuslik. Kuna auruturbiini töötamise printsiipi on õpilastele kergem

seletada, siis tuleb teda vaadelda enne kui aurumasinat (joon. 20). Auruturbiini töötamist demonstreeritakse Brank'i ratta mudelil (joon. 185), s. o. virelil, mida pannakse pöörlema aurujoa abil (joon. 28), ja siis näidatakse õppevahendina müügilolevat lahtivõe-

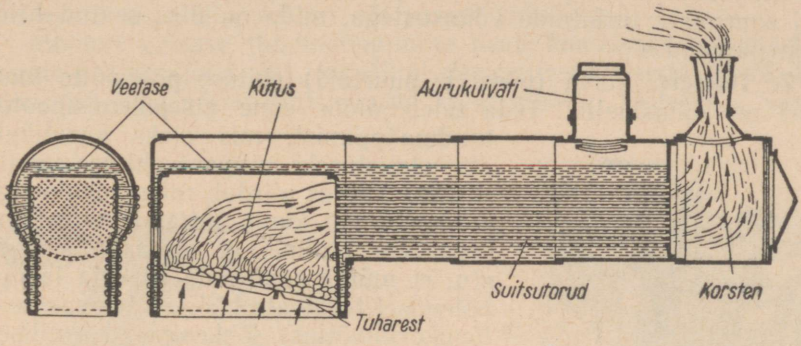


Joon. 183. Leektoruaurukatla ehitus. I — katla välimus koldeküljelt; *A* — veemõõduklaas; *B* — kontrollkraanid; *C* — manomeeter; *D* — kolde uks; *E* — tõmbeaugud. II — katla ristlõige. III — katla pikilõige.

tavat auruturbiini (joon. 186). Astmelisi turbiine ei õpita; tehnikas kasutatava turbiini näidisena näidatakse Laval'i aururatast (joon. 187).

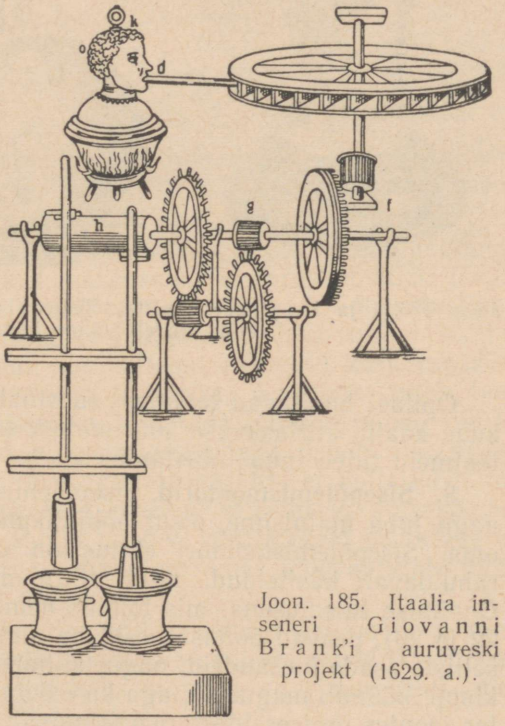
Aurumasinat võiks seitsmeklassilises koolis hoopiski mitte õppida, kui poleks tema kasutamist vedurites. Raskused tema tundmaõppimisel sõltuvad mitte ainult aurujaotusmehhanismi (siibrikarbi) enda keerulisusest, vaid ka vajadusest tutvustada õpilasi vända ehitusega võllil. Eriti keerukas on arusaamiseks õpilastele

ekstsentriku töötamine (joon. 188). Mõlema mehhanismi seletamine on võimalik ainult sel tingimusel, et kasutatakse nende töötavat



Joon. 184. Suitsutoru-aurukatla ehitus veduril.

mudelit (joon. 20 ja 30) või äärmisel juhul spetsiaalset seinapilti (joon. 35 ja 189). Aurujaotusmehhanismi seletamiseks vajalikku pilti on palju parem valmistada iseseisvalt. Veel suurema tähtsusega on küsimuse selgitamiseks kinofilmi kasutamine (§ 23, 2). Aurujaotusmehhanismi töötamist soovitatakse õppida tundma mitte siibrikarbi, vaid seadme abil, mis koosneb kahest muutumatul kaugusel teineteisest asetsevast kolvist (joon. 30). Sellist seadet kasutatakse mõnedes kaasaegsete vedurite tüüpides. Selles aurujaotusmehhanismis on auru tee palju lihtsam kui siibrikarbis.

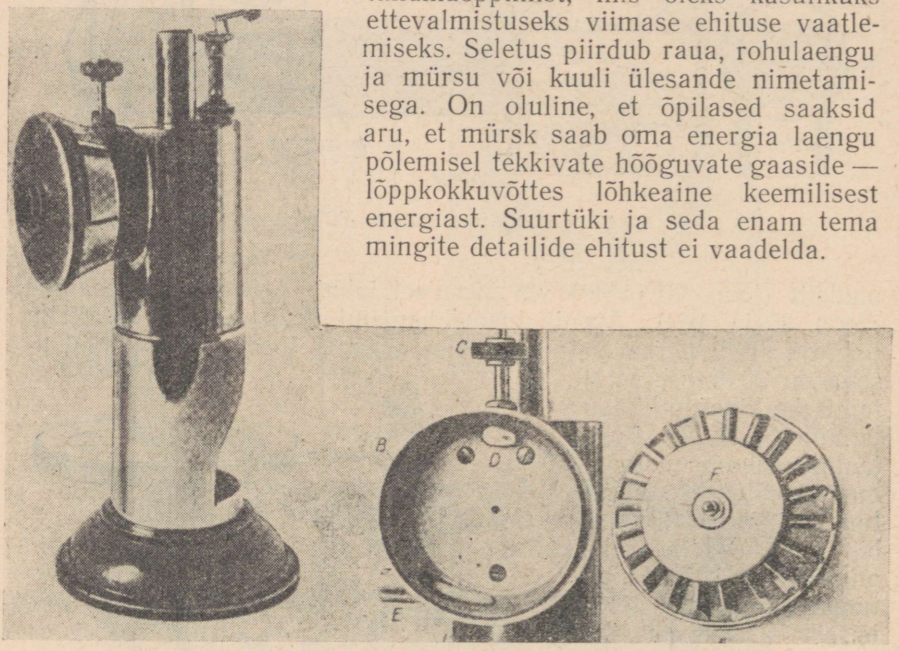


Joon. 185. Itaalia inseneri Giovanni Brank'i auruveski projekt (1629. a.).

Nimetatakse aurumasina rakendusi transpordis (vedur, väikesed laevad, lokomobiil), aga ka tööstuses (auruhaamer), millega käib kaasas vastavate piltide ja montaažide (joon. 3), või parem — filmide demonstreerimine. Auruturbiini põhieelist selgitatakse tema ja aurumasina kasutegurite võrdlemise teel. Vaadeldakse auruturbiini

kasutamist meretranspordis (mõned sõjalaevade tüübid ja suured aurikud) ja tööstuses (elektrijaam). Lõpuks tutvustatakse õpilasi suurimate turbiinide võimsustega, mida on üles seatud Liidu elektrijaamades.

7. **Tulirelv.** Relva (püssi ja suurtüki) ehituse põhimõtte tundmine on kohustuslik. Teda tuleb anda enne sisepõlemismootori tundmaõppimist, mis oleks kasulikuks ettevalmistuseks viimase ehituse vaatlemiseks. Seletus piirdub raua, rohulaengu ja mürsu või kuuli ülesande nimetamisega. On oluline, et õpilased saaksid aru, et mürsk saab oma energia laengu põlemisel tekkivate hõõguvate gaaside — lõppkokkuvõttes lõhkeaine keemilisest energiast. Suurtüki ja seda enam tema mingite detailide ehitust ei vaadelda.



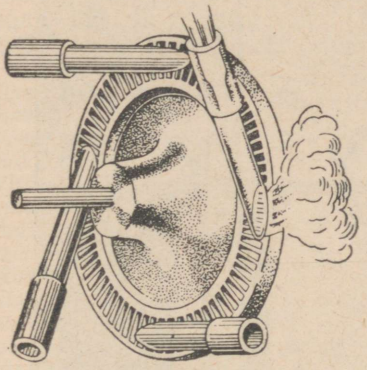
Joon. 186, I ja II. Õppevahendite tööstuses valmistatud lahtivõetava auruturbiini mudeli väline kuju ja ehitus.

Õpilasi huvitavad teatmed suurtükkide kaugelelaskvuse, mürskude kaalu, kiirlaskvuse suurimatest saavutustest, mille tõttu neid teatmeid tuleb tuua jutustamisel.

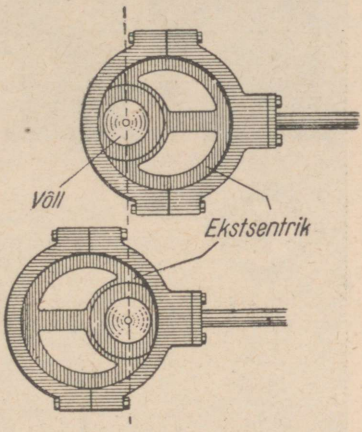
8. **Sisepõlemismootorid.** Sisepõlemismootori ehitust vaadeldakse, nagu juba mainisime, pisut põhjalikumalt kui teiste jõumasinate oma. Sisepõlemismootori ehitus on õpikuis metoodiliselt küllalt rahuldavalt käsiteldud, mille tõttu me sellel küsimusel ei peatu. Õppimise tulemusena, mis toimus demonstratsioonide alusel (joon. 22 ja 29), peavad õpilased oskama nimetada ja seletada jõumasina selliste osade ülesandeid, nagu: silinder, kolb, keps, vänt, hooratas, klapp, küünal, magneeto, aga ka oskama jutustada kõige üldisemates joontes protsessidest, mis toimuvad iga takti ajal. Õpilased peavad teada saama sisepõlemismootori eelistest võrreldes aurumasinaga, mis seisavad koguka katla puudumises, märksa vähemas

kaalus ja suuremas kasuteguris. Jutustamisel mootori rakendusest (auto, lennuk, sõja- ja tsiviillaevad, traktor, tank) tuleb näidata vastavaid pilte, diapositiive või parem kinofilme.

Mootori ehituse tundmaõppimine peab kaasnema, peale selgitavate piltide (joon. 39), kinofilmi demonstreerimisega (§ 23, 2 ja joon. 56), mis näitab lihtsustatud kujul mootori töötamist. Samuti



Joon. 187. L a v a l'i turbiin.



Joon. 188. Ekstsentriku ehitus ja töötamine.

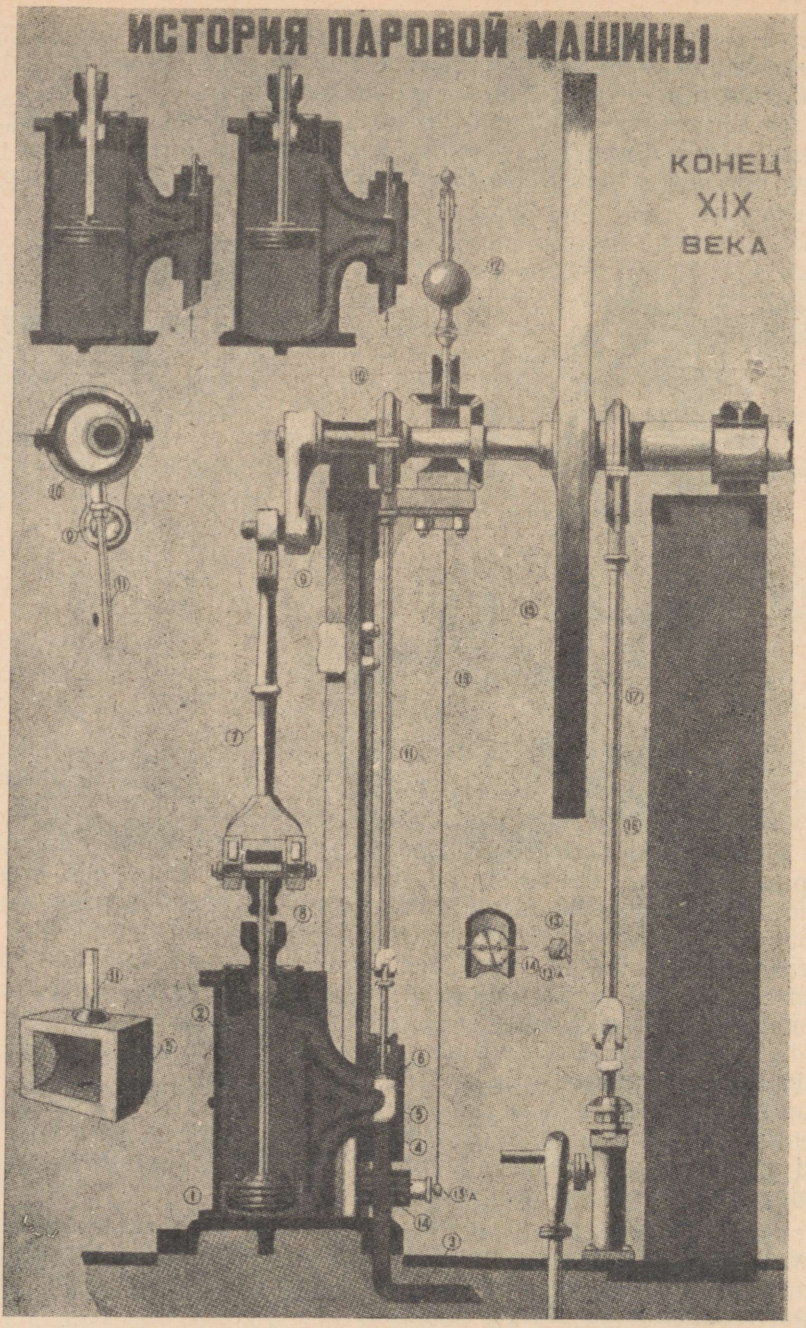
tuleb kasutada näitlikku vahendit — mootori mehhanismi mudelit (joon. 29). Haruldaselt sügava mulje jätab õpilastesse lennukimootori töötava mudeli demonstreerimine (joon. 22).

9. Ajalooline materjal. Aurumasina leiutamise ajaloo tundmaõppimine ei ole kohustuslik kaasaegsete õppeprogrammide järgi; kuid mõned teadmised sellelt alalt on siiski tähtsad üldhariduslikus mõttes. Tõepoolest, on võimatu, et õpilastele poleks tuntud Watt'i, Stephenson'i ja Fulton'i nimi, kes ehitasid esimesed kasutamiskõlvulised masinad (jõumasin, vedur ja aurik). Seepärast tuleb, laskumata mingitesse üksikasjadesse, jutustada lühidalt nende suurte leidurite elust ja leiutistest ning iseloomustada nende majanduslikku tähtsust. Peale selle on tingimata vajalik, et õpilased mitte ainult et saaksid teada ja peaksid meeles, et esimese aurumasina Venemaal leiutas ja ehitas P o l z u n o v, vaid oleksid ka tutvustatud selle silmapaistva vene sündinud geeniuse biograafiliste andmetega (nii napid kui nad ongi).

See originaalne masin kujutas endast atmosfääri-masinate tunduvat täiustamist ja tema iseloomulikud omadused seisid järgmises:

1) Masinas oli üles seatud kaks silindrit *aa* (joon. 190), mis tagasid lõõtsade *gg* pidevat töötamist.

2) Puudus kogukas kang; liikumine aga andus edasi kettide ja rataste *eeff* abil.



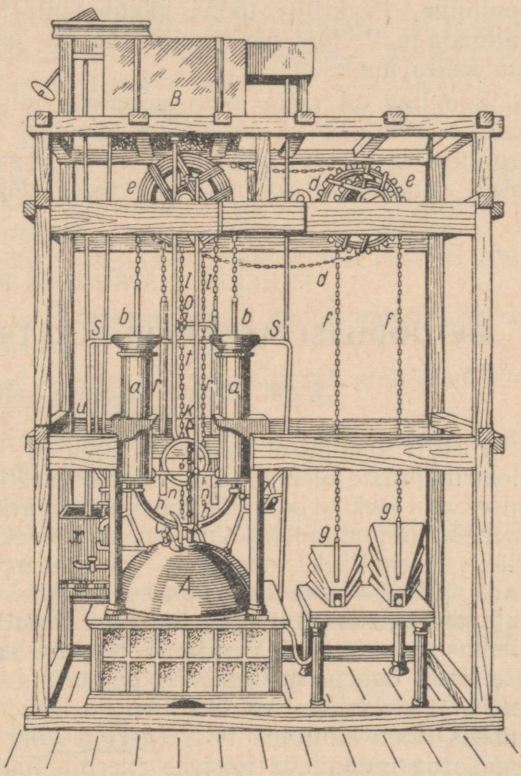
Joon. 189. Õppe-Ped. kirjastuse seinatabel.

3) Auru pääs silindritesse *aa* ja vee pääs tema kondenseerimiseks toimus automaatselt.

4) Vee andmine katlasse *A* toimus katkestusteta.

Õpilastele tuleb eraldi märkida, et Polzunovi masin oli esimeseks kasutamiskõlvuliseks masinaks, mida eduga kasutati õhu puhumiseks sulatusahjudesse.

Ühenduses aurumasina rakendusega transpordis, s. o. vedurite küsimuses tuleb õpilasi informeerida, et esimene raudtee Venemaal hakkas töötama 1834. a. Nižni-Tagiili tehases. Originaalne „maismaa aurik" (vedur) ehitati pärisorjast meistrite Miron ja Jefim Tšerepanov'i poolt.



Joon. 190. Polzunovi aurumasina ehitus. „Atmosfääri-aurumasin, mis on ehitatud I. I. Polzunovi poolt 1766. aastal. *aa* on kaks aurusilindrit; nende kolvivarred on ühendatud ketiga, mis on visatud üle trumli *e*; viimane on lõputu keti abil ühendatud paremal pool asetseva kahekordse trumliga *e*. Selle viimase üle on visatud kett, mille otsad on ühendatud lõõtsade *gg* kaantega. Seega tõstab neid kaasi masin; alla aga laskuvad nad nendele asetatud raskustest, mida ei ole joonisel näidatud. Aurukatel *A* on ühenduses aurusilindritega torude *hh* abil, veepaagiga *B* aga eri toru abil. Aurusilindrite ühendamiseks vaheldumisi kord katlaga, kord paagiga *B* kasutatavat kraani pööratakse hammasrataste abil, mida pannakse õõtsuvalt liikuma kettide *ll* abil (seega oli Polzunovi masinal automaatne aurujaotus). Sel ajal, kui üks silinder täitub auruga ja tema kolb hakkab tõusma, toimub teises silindris auru kondenseerumine ja tema kolb laskub atmosfääri rõhu mõjul alla." (Prof. A. I. Batšinski kirjelduse järgi.)

10. Näitlikud vahendid. Teema käsitlemine nõuab, nagu nimetasime, suurt hulka näitlikke vahendeid: seinapilte (hüdroelektrijaam (joon. 36), aurumasin (joon. 35, 189) jt.), diapositiive või raamatust võetud pilte episkoobiliseks projitseerimiseks (joon. 185, 187 jt.), mis illustreerivad jõumasinate liike tehnikas ja nende rakendusi. Aurujaotusmehhanismi ja sisepõlemismootori mehha-

nismi töötamise tundmaõppimiseks on vajalikud kinofilmid. Jutustamisel Polzunovist on väga soovitav riputada klassi omade jõududega valmistatud pilt, mis on kopeeritud näiteks jooniselt 190.

11. Ekskursioon. Ekskursiooni korraldamine mingi jõumasina vaatlemiseks on kohustuslik (§§ 9 ja 29, 2 ja 4).

12. Kodune töö. Kasulik on anda õpilastele ülesandeks koostada diagramme mitmesugust tüüpi jõumasinate kasutegurite võrdlemiseks. Jõumasinate tundmaõppimise aega tuleb kasutada ka ülesannete lahendamiseks eelnevatele teemadele.

13. Klassivälised tööd. Teema annab suuri võimalusi mitut liiki klassiväliste tööde organiseerimiseks. Eelkõige on võimalik sisepõlemismootori, kas auto või traktori oma, süvendatum tundmaõppimine. Praktilise tööna pakub õpilastele suurt huvi iseseisvalt valmistada Peltoni vesiturbiini, aktiiv- ja reaktiivauruturbiini ning tuuleratta mudeleid.

Soovitav on välja anda seinaleht, mis on pühendatud jõumasinate, sealhulgas ka sisepõlemismootori leiutamise ajaloole. Võib organiseerida õhtu, mis on pühendatud samale teemale ja kus õpilased esinevad ettekannete ja referaatidega.

KAHEKSATEISTKÜMNES PEATÜKK.

METOODILISI MÄRKMEID ELEKTRI KURSUSE KOHTA.

§ 86. Elektri kursuse koht ja sisu.

Elektri õppimisel seitsmeklassilises koolis ei seata küsimust elektrinähtuste olemuse kui elektriosakeste liikumise vormi tunnetamise, vaid elektrivoolu põhiomaduste vaatlemise, ja peaasi — elektrienergia muundumise kohta mehaaniliseks energiaks, soojusenergiaks, keemiliseks energiaks ja ümberpöördult. Teadmiste ring, mida õpilased saavad esimeses kontsentris, nagu vastaks XIX sajandi füüsika saavutustele; uusi kujutlusi aga aine elektrilisest olemusest, mis on XX sajandi teaduse saavutuseks, seitsmeklassilise kooli õppeprogrammis ei puudutata. Käsitlemise aluseks võetakse, et elektrivool on üks energia liikidest [1], et selle energia saamiseks tuleb kulutada teisi energia liike ja et elektrienergiat võib omakorda muundada teisteks energia liikideks. Teiste sõnadega — elektrinähtusi vaadeldakse energeetilisest küljest ja käsitlemine toimub seega energiamõiste abil. Sel põhjusel on elektri õppimine võimalik alles pärast mehaanika elementide käsitlemist, sealhulgas ka pärast mehaanilise energia mõiste kasutuselevõtmist ning samuti pärast soojuse põhiküsimuste vaatlemist.

[1] Elektrilaengu energia küsimus ei kuulu vaatlemisele seitsmeklassilises koolis. Edasises on elektrivoolu kohta kasutusele võetud termin „elektrienergia".

Kuna elektrivoolu kasutamine igapäevases elus, tööstuses, transpordis, sides, arstiteaduses, sõjaasjanduses ja üldse rahvamajanduses on erandlikult suure tähtsusega, siis määratakse elektrinähtuste tundmaõppimiseks rohkem aega kui füüsika mistahes teisele osale.

Kooskõlas esitatud seisukohtadega peavad õpilased saama järgmisi teadmisi ja oskusi:

1) Kujutlus elektrivoolust kui elektrilaengute liikumisest ja voolu toimetest.

2) Mõiste lihtsaimatest vooluringidest, nende koosteosadest ja nende koostamise põhimõttest.

3) Voolu generaatorite — keemilise ja mehaanilise (elektromagnetilise) — ehituse põhimõtete tundmine.

4) Mõiste elektrivoolu põhisuurustest (voolu tugevusest ja pingest) ja vooluringist (takistusest); nende suuruste mõõtmiseks kasutatavate ühikute tundmine ja oskus vastavais mõõtmistes.

5) Sõltuvuse tundmine voolu, pinge ja takistuse vahel ning oskus sooritada vastavaid arvutusi.

6) Teadmised elektrienergia muundumise viisidest teisteks energia liikideks (soojuseks, valguseks, keemiliseks ja mehaaniliseks energiaks), ehk mis on sama — teadmised vastuvõtjate, s. o. elektrienergiat teisteks energia liikideks muundavate riistade ehituse põhimõtetest.

7) Mõiste voolu tööst ja võimsusest ning nende mõõtühikutest ja oskus voolu töö ja võimsuse arvutustes.

8) Kujutlus kasutegurist elektrienergia mõnedel muundumistel teisteks tema liikideks ja pöördprotsessides.

9) Teadmised elektrienergia kasutamisest tehnikas ja selle kasutamise tähtsusest rahvamajandusele.

10) Kujutlus elektrinähtustest atmosfääris.

11) Mõiste elektrifitseerimisest ja selle tähtsusest meie sotsialismimaale.

Kõik need teadmised ei tohi olla sugugi formaalsed, vaid peavad olema ehitatud demonstratsioon-katsete rakendamise laialdasele alusele. Need teadmised peavad varustama õpilasi rea tegelikku laadi oskustega (elektrivooluringi koostamine, elektrivooluallikate kasutamine, voolu juhtimine lülitite ja reostaadi abil, elektrimõõteriistade kasutamine, vastuvõtjate[1] sisselülimine ja nende juhtimine). Sama oluline on ka see, et õpilased oskaksid kasutada neid teadmisi ja oskusi oma igapäevases elus elektervalgustuse (juhtmete ühendamine, isoleerimine, lihtsaima armatuuri sisseseadmine, lühiühenduse kõrvaldamine, kaitsmete vahetamine) ja mõningate elektrimajapidamisriistade (kõlisti, keeduplaat jms.) lihtsaima remondi sooritamiseks.

---

[1] Vastuvõtjat mõistetakse siin selle sõna laiemas mõistes, s. o. kui elektrienergia teisteks liikideks muundaja (mootor, elektrilamp jms.).

Elektriõpetuse konkreetne sisu ja vastavad metoodilised nõuanded on toodud metoodilistes juhendites programmi eri teemade järgi.

Tuleb eriti alla kriipsutada, et seitsmeklassilises koolis on „Elekter" kõige tänuväärsemaks füüsika kursuse osaks, selleks et esile tuua vene teadlaste tööde tähtsust teaduse ajaloos. Sellest soovitatakse rääkida mitte ainult tunnis vastava materjali käsitlemisel, vaid organiseerida ka erilisi klassiväliseid töid — ringis „XVIII ja XIX sajandi vene elektrikud".

§ 87. Põhimõistete kasutuselevõtmisest elektriõpetuses.

Suurimad raskused elektriosa õppimisel tekivad enamiku põhimõistete selgitamisel. Laengute liikumise, voolu tugevuse ja takistuse mõiste puhul on need raskused võrdlemisi kergesti ületatavad. Neist mõistetest kahe esimese kujundamisel tuleb abiks võtta mõiste elektrilaengust kui teatavast suurusest — „elektri hulgast", mis nõuab eelnevat elektrostaatika algteadmiste omandamist. Ainult katsete abil elektrilaengutega võib veenda õpilasi, et laengud on reaalselt olemas ja võivad olla suuremad või väiksemad.[1]

Kuid elektrostaatika, millega tutvumiseks tuleb kasutusele võtta mõiste elektri kahest liigist, tekitab seitsmeklassilisele koolile teatavat raskust küsimuses, missuguste laengute — kas positiivsete või negatiivsete — liikumine on elektrivool. Peale selle tekib õpilastel teatav segadus elektri mitmesuguste liikide ja vooluallikate pooluste tähiste (+ ja — märk) ühetaolisusest. Seepärast väärib tõsist tähelepanu mõnede metoodikute seisukoht, mis soovitab elektronikujutluste algmete kasutuselevõtmist (§ 88).

Suurimad raskused tekivad elektrivoolu töö ja võimsuse mõiste ja veel suuremad voolu pinge mõiste sissetoomisel.[2]

Mitte asjatult ei otsi metoodiline mõte mitme aastakümne jooksul õigeid teid nende raskuste lahendamiseks. Vaatamata arvukatele töödele ja tohutuile tegelikele kogemustele, ei saa tunnustada neid küsimusi lahendatuks. Arvukate teisendite seas on suurimat kasutamist leidnud kaks teed nende mõistete kasutuselevõtmiseks ja põhimiste seaduspärasuste kindlakstegemiseks suuruste vahel:

$$I = \frac{U}{R} \text{ ja } N = U \cdot I.$$

Ühel neist teedest pinge mõiste energeetiline tähendus ei selgu vajalikul määral; pinget vaadeldakse sel juhul kui midagi, mis on

[1] Elektrostaatika sissetoomine on veel oluline äikesenähtuse seletamiseks ning sellega seotud eelarvamuste väljajuurimiseks.

[2] Need raskused on iseloomulikud füüsika esimesele kontsentrile, kuna teises, potentsiaali mõiste kasutuselevõtmise tõttu, pinge defineerimine lihtsustub.

analoogiline jõuga (voolu olemasolu põhjus vooluringis). Pinge ühikut, volti, defineeritakse ampri ja oomi kaudu Ohm'i seadusest, mis on võetud kasutusele katse põhjal. Voolu töö ja võimsuse valemid aga tuleb võtta kasutusele eraldatult, peaaegu dogmaatiliselt, sageli analoogia alusel mehaanikaga.

Teise tee puhul defineeritakse pinget töö kaudu, mida sooritab läbivoolava elektri iga kulon. Volti defineeritakse kuloni ja džauli kaudu (§ 97). Siis ei ole lihtsate arutluste põhjal raske kindlaks teha avaldused voolu töö ja võimsuse kohta. Ohm'i seadus võetakse kasutusele hiljem, katse põhjal.

Teine tee on õpilastele raskem, kuid ta viib pinge mõistest õigemale ja täielikumale arusaamisele, sellal kui esimene, mitte äratades õpilase mõtet, lahendab küsimuse puhtformaalselt. Arvestades, et eriti keerukate mõistete kujunemine toimub järkjärguliselt ja pikaajaliselt, siis on kõige õigem anda võimalikult varakult esimene kujutlus pingest kui põhjusest, mis tekitab elektrivoolu, selleks et hiljem, süvendades mõistet, defineerida teda töö kaudu.

Kõigi põhimõistete selgitamisel elektriõpetuse valdkonnast toob suurt kasu mitmesuguste analoogiate kasutamine (§ 89).

§ 88. Elektronikujutluste algmed.

Küsimust vajadusest sisse võtta elektronikujutluste algmeid esimesse kontsentrisse tuleb lugeda vaieldavaks. Kuid nende algmete puudumine programmis ei õigusta veel järeldama, et nende õppimine on lubamatu. Õppeprogramm tunnustab teadmisi sellelt alalt ainult mittekohustuslikeks, kuid ei keela sugugi õpetajat neid kasutusele võtta elektri kursuses, kui ta leiab selle olevat võimaliku ja peaasi — vajaliku. [1]

Elektronikujutluste algmete esimesse kontsentrisse toomisega on katsetatud mitmes õpikus (Gorjatškin, Sahharov ja Pjorõškin jt.). Nende katsetuste eesmärgiks on eelkõige elektrivoolu käsitluse teatav lähendamine kaasaegsetele vaadetele. Peale selle võimaldasid elektroniteooria algmed anda seletuse reale füüsikalistele nähtustele ja kindlaks teha tihedamad seosed nende vahel, kui seda võimaldas elektri katseline tundmaõppimine. Lõpuks osutusid elektronikujutluste algmed kasulikeks põhimõistete kujundamisel elektrivoolust ja suurustest, mis teda iseloomustavad.

Vaatleme lühidalt, millisel viisil saaks füüsika esimesse kontsentrisse sisse võtta elektronikujutluste algmeid ja missugustel juhtudel nad osutuksid kasulikeks. Esimese kontsentri kursuses puudub selliste küsimuste vaatlemine, millede põhjal võiks kasutusele võtta mõiste elektronist kui negatiivse elektri väikseimast osakesest.

---

[1] Õpetajale tuleb soovitada esialgu anda elektronikujutluste algmeid klassivälistel töödel, ja järgneval aastal, arvestades oma kogemusi, püüda puudutada seda küsimust klassis elektri kursuse kordamisel.

Seepärast tuleb mõiste aine elektrilisest olemusest anda tõestamatult. Ja kui ka füüsika esimene kontsenter lubakski põhjendada seda küsimust, ikkagi tuleks mõiste mateeria osakeste ehitusest anda tõestamatult, sest elektronikujutluste algmed osutuvad metoodiliselt eriti kasulikeks elektri kursuse päris alguses, nimelt elektrostaatika ja elektrivoolu ning vooluringi kohta käivate esimeste teatmete vaatlemisel.

Otsekohe pärast elektrostaatika põhifaktide — kahte liiki elektri olemasolu ja suuruselt võrdsete, kuid eriti märkidega laengute vastastikuse kompenseerumise kindlakstegemist tuleb anda õpilastele kujutlus kaasaegsest vaatest mateeria osakeste ehitusele. Nimetatakse, et iga aine aatom koosneb „raskest" kesksest tuumast, millel on keerukas koostis, ja tema ümber liikuvaist elektriosakestest — elektronidest. Edasi jutustatakse mitmesuguste ainete aatomite erinevustest oma tuumade ja nende ümber tiirlevate elektronide arvult. Rõhutatakse, et positiivsete laengute arv tuumas ja elektronide hulk on ühesugune, mille tõttu „neutraalse" aatomi ümber ei esine elektrijõudude toimet. Elektronid võivad end lahti kiskuda aatomist, mis võib eriti kergesti tekkida metallides. Mõningate teiste ainete aatomid võivad aga ümberpöördult — kergesti liita endaga elektrone.

Kehad, milledes on elektronide ülejääki, ilmutavad negatiivse elektri toimet ehk on laetud negatiivselt. Elektronide puudujäägiga kehi aga, mis ilmutavad positiivse elektri toimet, vaadeldakse kui positiivselt laetuid. Kui keha on elektriseerimata, siis temas ei ole ei elektronide puudujääki ega ülejääki.

Need põhiteesid peavad olema hästi selgitatud õpilastele ja nende poolt omandatud. Nende teeside põhjal saab seletada järgmised nähtused elektrostaatikast:

1) Kahe keha „hõõrdumisel" (kokkupuutumisel) suuruselt kahe võrdse ja märgilt vastupidise laengu tekkimine.

2) Suuruselt kahe võrdse, kuid märgi poolest erinevate laengute vastastikune „hävimine" nende ühendamisel.

3) Elektrilaengute tekkimine kehas talle laetud pulgakese lähendamisel (elektriseerimine mõjumise teel).

4) Elektriseerimata keha külgetõmbamine elektriseeritud keha poolt.

5) Erinevus juhtide ja mittejuhtide vahel.

6) Mõiste elektri hulgast kui liigsete või puuduvate elektronide kindlast arvust.

Võimalused, mis avanevad nende elektronikujutluste kasutamisel elektriõpetuses, on järgmised:

1) Elektrivoolu metalljuhtmetes vaadeldakse kui elektronide voolust.

2) Tähised pluss ja miinus generaatori poolustel märgivad vastavalt elektronide puudust ja nende ülejääki.

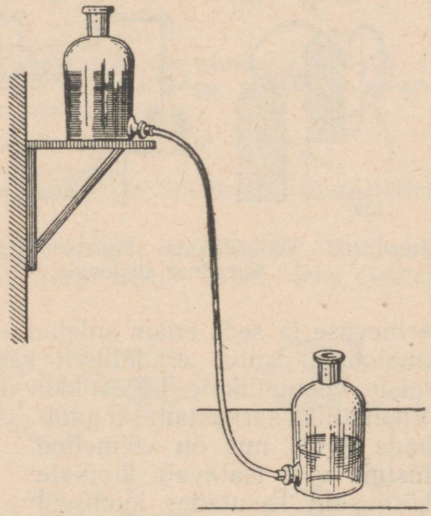
3) Generaatorit vaadeldakse kui elektrienergia allikat (mehaa-

nilise, keemilise jt. energia muundajat elektrienergiaks), mis paneb elektrit liikuma vooluringi juhtmeid mööda ja oma „survega" tegema tööd vastuvõtjates.

Sellised on elektronikujutluste algmete kasutamise positiivsed küljed. Üks puudustest, nagu näitab praktika, on siin see, et elektrivoolu suunda tuleb võtta vastavaks tõelisele elektronisuunale — miinuselt plussile, mitte aga vastavaks tehnilisele leppesuunale — plussilt miinusele. Kuigi edasisel õppimisel õpetaja annab õpilastele vastavaid seletusi, on ikkagi raske muuta neil voolu suunast tekkinud kujutlust.

§ 89. Analoogiad elektri õpetamisel.

1. Analoogiate tähtsus. Analoogiate tähtsus on üldtuntud mitte ainult õpetamise, vaid ka teadusliku tunnetamise protsessis. Eriti suur on analoogia osa elektrivoolu, vooluringi ja põhisuuruste — voolu tugevuse, takistuse ja pinge mõiste kasutuselevõtmisel. Mõnede elektrinähtuste ja suuruste võrdlemine vastavate mehaanilistega võimaldab lähendada õpilasi elektriprotsesside ja neid iseloomustavate suuruste olemuse arusaamisele. Analoogiate rakendamisel tuleb siiski meeles pidada, et iga analoogia ei ole muud midagi, kui ainult teataval määral ja teatavas ulatuses võrreldavate nähtuste sarnastamine, kuid sugugi mitte samastamine. See juhtlause tuleb teatavaks teha õpilastele selleks, et vältida mehaaniliste ja elektriliste protsesside samastamist nende poolt ja, peaasi, — et vältida analoogia rakendamist eranditult nähtuse kõikidele külgedele, mitte aga ainult neile rangelt kindlatele külgedele, millede kohta analoogia on õiguspärane.



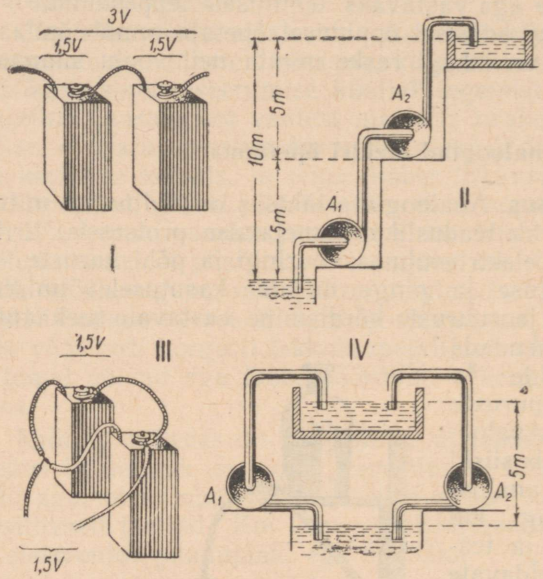
Joon. 191. Elektrilaengu analoogia ja elektrivoolu tekkimise põhjused.

Suurimat tähelepanu väärivad analoogiad, milledes elektrivoolu võrreldakse vedeliku või gaasi vooluga. Suurimad võimalused avanevad mõnede elektrinähtuste võrdlemisel nähtustega kokkusurutud või liikuvas gaasis.[1]

[1] A. V. Tsinger rakendab analoogiat elektri- ja soojusnähtuste (temperatuuride vahe — pinge; soojushulk — elektrihulk; soojuse levimine — elektrivool jne.) võrdlemisel. Kuid see analoogia osutub keerukaks seitsmeklassilise kooli õpilastele ja on seepärast rakendatav ainult füüsika õpetamise teises kontsentris.

2. Analoogia elektrostaatikas. Elektrinähtuste seletamisel võivad osutuda kasulikeks järgmised analoogiad:

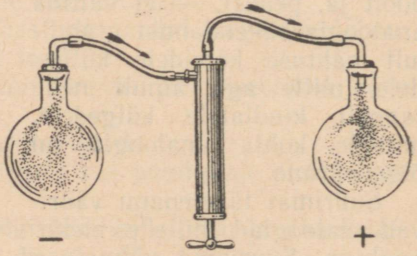
1) Kaks anumat veega on asetatud erinevatele kõrgustele, s. o. üks kõrgemale teisest (joon. 191). Ülemine anum, milles vee tase on kõrgemal kui teises, on laetud keha analoogiaks. Vee hulka sarnastatakse laengu suurusega ehk elektri hulgaga.



Joon. 192. Vooluallikate järjestikku- ja paralleelühenduse analoogia.

Anumate ühendamisel toruga toimub vee voolamine ülemisest anumast alumisse, mis vastab analoogias elektrivoolule. Vedeliku potentsiaalse energia varude vahe ülemises ja alumises anumas on analoogiline elektri potentsiaalide vahega ehk voolu pingega. Sellise analoogia saab esitada õpilastele ainult kõige lihtsustatumal kujul.

Esitatud analoogia on üsna ebatäiuslik, sest teda ei saa kasutada laengute saamise, elektri liikide erinevuse ja seda enam suletud vooluringi seletamisel. Selletaoline analoogia osutub erandlikult kasulikuks galvaani elementide või teiste vooluallikate järjestikku- ja paralleelühenduste seletamisel. Vooluallika sarnastamisel pumbaga A_1A_2, mis on võimeline tõstma vett teatavale kindlale kõrgusele, kasutades jooniseid (joon. 192) ja vastavaid seletusi, tulevad õpilased toime pinge suurusega rühmades, mis koosnevad paralleelselt (III—IV) ja järjestikku (I—II) lülitud elementidest.



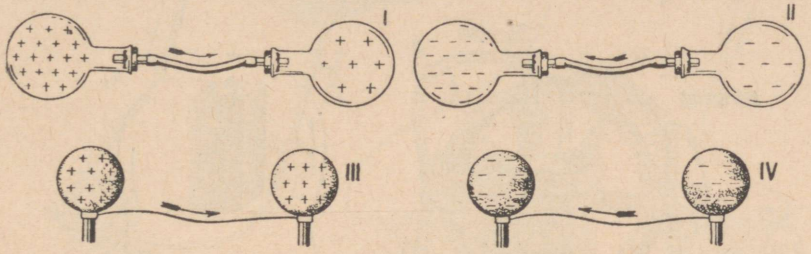
Joon. 193. Kehade elektriseerimise analoogia kokkusurutud gaasiga.

2) Suuremad võimalused avanevad võrreldes elektrilaenguid gaasiga, mis on kokku surutud või hõrendatud, võrreldes atmosfääriga. Sellises analoogias kaks anumat ühendatakse omavahel õhupumba abil, mis töötamisel pumpab õhku ühest anu-

mast teise. Kokkusurutud gaasi võrreldakse positiivse laenguga (+), hõrendatud — negatiivsega (—) (joon. 193). Rõhkude vahet gaasides (atmosfääri suhtes kokkusurutud või hõrendatud) võib võrrelda elektri pingega. Esitatud analoogia abil võib suure eduga seletada järgmisi nähtusi:

1) kahe suuruselt võrdse ja isenimelise laengu tekkimist (joon. 193);

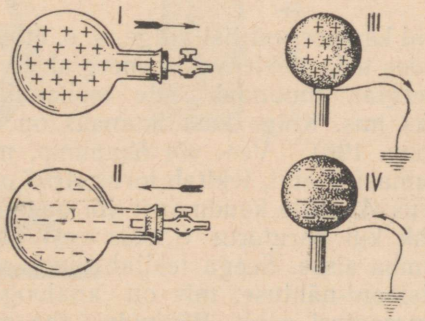
2) kahe suuruselt võrdse ja isenimelise laengu neutraliseerumist. Tõepoolest, joonisel 193 näidatud kahe anuma ühendamisel



Joon. 194. Ühenimeliste laengute vahel voolu tekkimise analoogia (märgid + anumates vastavad gaasi ülerõhule, võrreldes atmosfääriga, märgid — rõhule, mis on väiksem atmosfäärist).

toruga gaasi rõhk muutub ühesuguseks ja võrdseks atmosfääri rõhuga.

3) Elektrivoolu tekkimine mitte ainult isenimeliste, vaid ka samanimeliste laengute vahel, kui ainult nende vahel oleks elektri pinge, s. o. kui neil oleks erinevad potentsiaalid. Tõepoolest, õhuvoolu tekkimiseks anumate vahel on vajalik rõhkude vahe neisse suletud gaaside vahel, sõltumata sellest, kas gaasid mõlemates anumates on kokku surutud või hõrendatud (õhurõhu suhtes) (joon. 194).



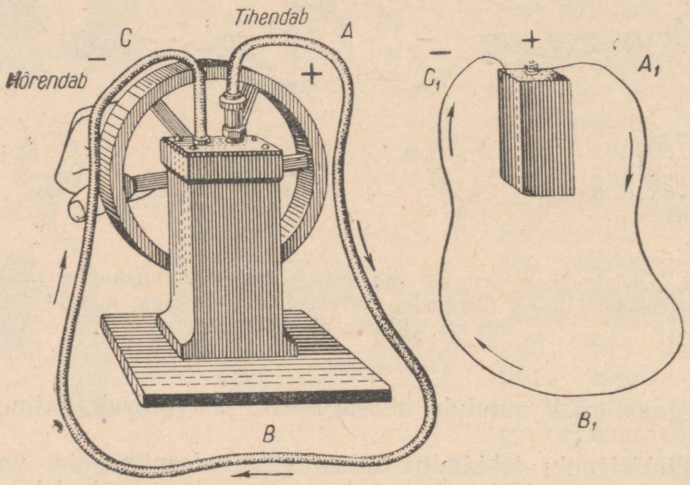
Joon. 195. Laengu maandamisel voolu tekkimise analoogia.

4) Elektrilaengu kadumine tema maandamisel. Sel juhul laenguid võrreldakse täpselt samuti kokkusurutud ja hõrendatud gaasidega, mis on suletud anumatesse. Anuma ühendamisel õhuga tekib õhuvool anumast või anumasse, mis on analoogiline laengu kadumisega tema maandamisel (joon. 195).

5) Vajadus kulutada energiat elektrilaengute saamiseks (joon. 193).

6) Elektrivoolu suuna selgitamine mitmesugustel juhtudel (joon. 193—195).

3. Elektrivooluringi analoogia. Suurim tähtsus on analoogiatel õpilaste tutvustamisel elektrivooluringiga ja tema koosteosadega. Eriti keerukas on õpilastele mitte niipalju küsimus vooluringi enda skeemist, kuipalju vooluallika, elektrienergia vastuvõtjate ja voolu läbilaskvate juhtmete ülesande õige mõistmine. Seejuures tuleb selgitada mitte ainult, kuidas voolab vool ringis ja miks ta seal tekib,

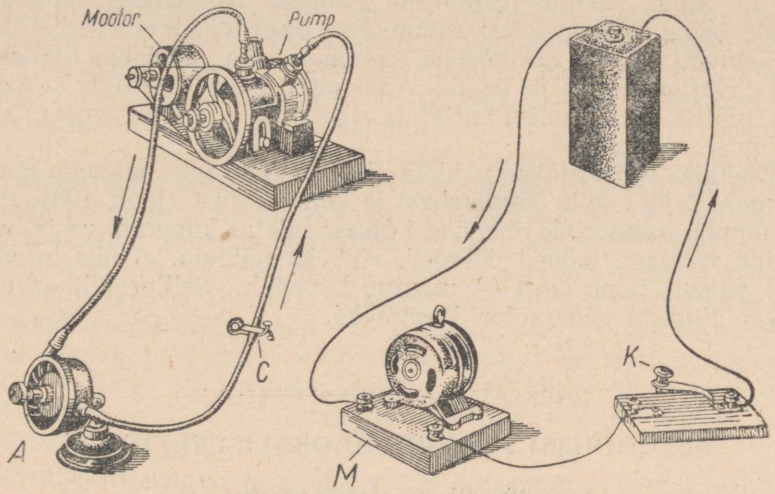


Joon. 196. Elektrivooluallika analoogia pumbaga.

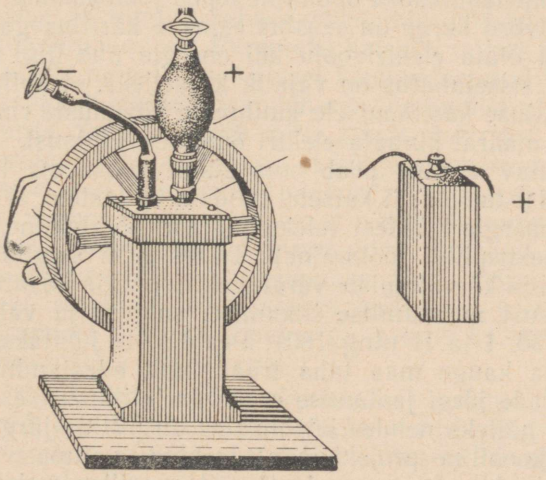
vaid ka energeetilist külge, s. o. et generaator vajab energiat, muundades teda elektri voolu energiaks; vastuvõtja aga, kasutades elektrienergiat, muundab teda mehaaniliseks tööks, soojuseks, valguseks jms. Kõige kasulikumaks on sel juhul järgmine analoogia (joon. 196). Vee- või õhupump, mis pannakse tegevusse käe või jõumasina abil, tekitab torus *ABC* pideva vee- või gaasivoolu. Harutorus *A*, mille kaudu vesi või gaas saabub „vooluringi", on suurem rõhk kui harutorus *C*, kus vesi või gaas imetakse „vooluringist" pumba sisse. Seega tekitab pump vee või gaasi pideva ringtsirkulatsiooni-nähtuse, mis on analoogiline elektrivoolu tekitamisega generaatori poolt. Rõhkude vahe on analoogiline generaatori pingega; vee või gaasi hulka, mis voolab läbi toru ristlõike ühes sekundis, sarnastatakse elektrivoolu tugevusega.

Kohta, kus vesi või gaas väljub pumbast, võib tingimusi tähistada märgiga pluss; kohta, mille kaudu vesi või gaas pöörduvad ringist tagasi pumpa, — märgiga miinus. Voolu suund „vooluringis" võetakse tavaline, s. o. plussist miinusele. Vee- või gaasivoolu

alalhoidmiseks tuleb anda energiat, pannes pumba tegevusse. Seega pump nagu muundaks temale kulutatava energia vee- või õhuvooluse energiaks. Selletaoliselt muundatakse elektrigeneraatorites



Joon. 197. Elektrivooluringi analoogia (allikas, vastuvõtja lüliti).



Joon. 198. Elektrivooluallika pinge analoogia.

voolu alalhoidmiseks vooluringis ühte energia liikidest, näiteks mehaanilist või keemilist energiat.

Kui lülida „vooluringi" mingisse kohta vesi- või gaasiturbiin *A*, siis ta hakkab pöörlema vee- või õhuvoolu energia arvel (joon. 197). Selline turbiin on analoogiaks elektrivastuvõtjale, näiteks elektri-

mootorile *M* (joon. 197). Vett või gaasi läbijuhtivad torud vastavad voolu juhtidele (juhtmetele), Mohr'i näpits *C* — lülitile *K*.

Seega osutub vaadeldud analoogia kasulikuks põhimõistete, nagu elektrivooluringi, elektrivoolu ja selliste suuruste, nagu voolutugevus ja pinge, kasutuselevõtmisel. Lõpuks võimaldab analoogia elektri õppimise esimestest sammudest peale vaadata vooluallikale ja vastuvõtjatele kui seadmetele, mis muundavad mistahes liiki energiat elektrienergiaks ja tagasi. Analoogiat saab kasutada ka takistuse mõiste kasutuselevõtmisel ja vooluringis voolu konstantsuse küsimuse vaatlemisel.

Õpetajal soovitatakse näidata elektrivooluringi analoogia mudelit, monteerides selle õhupumbast ja kummitorust (joon. 198). Pannes pumba harutorude otsa ühest otsast suletud kummitorud ja tehes pumba vändaga mõned pöörded, võib ka näidata, et üks torudest (+) paisub, teine aga (—) muutub lamedaks. Selline pilt on analoogne pingega generaatori klemmidel.

ÜHEKSATEISTKÜMNES PEATÜKK.

METOODILISI JUHENDEID OSALE „ELEKTER".

§ 90. Sissejuhatav vestlus.

Kuivõrd mehaanikaosa õppimine lõpeb jõumasinate ehituse vaatlemisega, niivõrd kerge on seostus eelneva käsitlusega, kui elektriosa õppimist alata elektrivoolu kui energia ühe liigi iseloomustusest. Selline sissejuhatus on vajalik ka selleks, et õpilased saaksid teatava kujutluse käsitlemisele kuuluvate küsimuste ringist ja võiksid teataval määral hinnata elektri õppimise tähtsust.

Sissejuhatav vestlus peab oma sisult koosnema kahest osast. Esimeses neist tuleb real katsetel näidata õpilastele, et elekter moodustab ühe energia liikidest (elektrimootori pöörlemine, elektrilambi põlemine, elektripliidi töötamine). Teises osas selgitatakse lihtsamate näidete ja kõrvutamiste varal elektrienergia kasutamise mugavusi ja lihtsust mehaanilise liikumise, soojuse ja valguse saamiseks (joon. 38, I ja II ning 180). Peale selle juhitakse tähelepanu elektrienergia kauge maa taha traadi abil edasiandmise ja tema tarbimiskohtade järgi jaotamise erakordsele lihtsusele. Üheks kõige tabavamaks näiteks nendes küsimustes on piltide järgi (diapositiivid või episkoobiline projektsioon) tsehhide välimuse kõrvutamine elektrifitseeritud ja vananenud ettevõttes, milles mehaanilist energiat jaotatakse transmissioonidelt rihmade abil.

§ 91. Elektrostaatika algmed.

Demonstratsioon-katsed — vt. II k., § 42.

1. Sisu: a) Kehade elektriseerimine. Kahte liiki elektrilaengud. Laengute vastastikune toime. b) Elektroskoop. Laengu suuruse

mõiste. c) Juhid ja mittejuhid. d) Kahe erinimelise laengu neutraliseerumine. Elektrostaatiline induktsioon. e) Elektrisäde. Äike. Piksekaitse.

2. Metoodilisi märkmeid. Nagu nimetasime § 86, on elektrostaatika algteadmiste õppimisel füüsika esimeses kontsentris mõtet ainult sel juhul, kui need teadmised on vajalikud elektrivoolu mõiste kasutuselevõtmiseks; kui seda ülesannet ei lahendata, siis elektrostaatika hakkab kujutama endast midagi eraldatut elektrodünaamikast, mis viib kursuse ülekuhjumisele. Elektrostaatika õppimine on oluline ka veel mõnede elektrinähtuste seletamiseks, mis toimuvad atmosfääris ja on absurdsete eelarvamuste allikaks. Seega tuleb füüsika esimeses kontsentris vaadelda elektrostaatilistest nähtustest ainult piiratud ala, mis võimaldaksid anda kujutlust elektrilaengutest ja selgitada, et need laengud võivad oma suuruselt olla suuremad või väiksemad; võtta tarvitusele juhtide ja mittejuhtide mõiste ning defineerida elektrivoolu kui laengute liikumist juhtisid mööda. Kahe võrdse ja märgilt vastupidise laengu neutraliseerumise ja elektrostaatilise induktsiooni nähtus tuleb sisse võtta, kuna neid fakte kohtame äikesenähtuses. Kuid nende seletust ei saa anda elektroniteooria algmete sissetoomiseta.

3. Elektrilaengud ja nende vastastikune toime. Elektrilaengute, kahte liiki elektri ja nende vastastikuse toime mõisted tehakse kindlaks katsete abil. Eelkõige tehakse ilmsiks elektrijõu avaldumine laetud pulgakese ja mingite kehade vahel, mis väljendub nende vastastikuses külgetõmbumises. Paremaks katseks selleks tuleb lugeda raamatu seljal või mõnel teisel alusel tasakaalustatud joonlaua või tooli seljal tasakaalustatud põrandaharja tõmbumist elektriseeritud pulgakese juurde. See katse viib mitte ainult elektrijõu ilmsikstegemisele, vaid võimaldab ka näidata, et kõige mitmesugusemaid kehi võib „hõõrumise" teel viia erilisse olukorda ehk teiste sõnadega — elektriseerida. Seejuures nimetatakse, et elektriseerumine tekib kahe erisuguse keha „hõõrumisel" (täpsemalt — tihedal kokkupuutumisel) [1], mõnedel paaridel — tugevam, teistel — nõrgem. Ainetest, mis hästi elektriseeruvad, soovitatakse õpilastele meeles pidada: klaasi — hõõrumisel siidiga või paberiga, samuti ka eboniiti (plastmass) — hõõrumisel karusnahaga.

Edasi tehakse katsete abil toruklambrile riputatud pulgakesega või elektripendlitega kindlaks kahte liiki elektri ning nende vastastikuse toime olemasolu ja võetakse kasutusele laengute tähistamine märkidega pluss ja miinus. Seejuures tuleb anda pendlite vastastikuse toime kolme tüüpilise juhu joonised.

---

[1] Küsimus laengute tekkimise põhjusest jääb lahtiseks, mille tõttu tuleb alles jätta vananenud ja ebaõige oskussõna „hõõrumine". Tuleb nimetada, et hõõrumine loob hõõrutavate kehade tiheda kokkupuute — ühe peatingimustest elektrilise oleku tekitamiseks. Näidates katseid peab õpetaja seda silmas pidama ja omandama vastavaid elektriseerimise oskusi.

Elektrilaengu definitsiooni ei anta; õpilased harjuvad järk-järgult terminoloogiaga, et kahe erisuguse keha „hõõrumise" tulemusena tekivad elektrilaengud.

Väga oluline on näidata õpilastele, et laengud võivad oma suuruselt olla erisugused, ja just sellega viia neid kujutlusele elektrilaengust. Paremaks viisiks selleks on vastavad katsed elektroskoobiga või Brauni elektromeetriga, mida füüsika esimeses kontsentris on lubatav vaadelda kui omapäraseid „kulonmeetreid", mitte aga kui potentsiaalide vahe mõõtjaid. Sama küsimust võib selgitada elektrisultanite abil. Elektroskoobi ja vajaduse korral Brauni elektromeetri ehituse ja töötamise seletamine raskusi ei tekita.

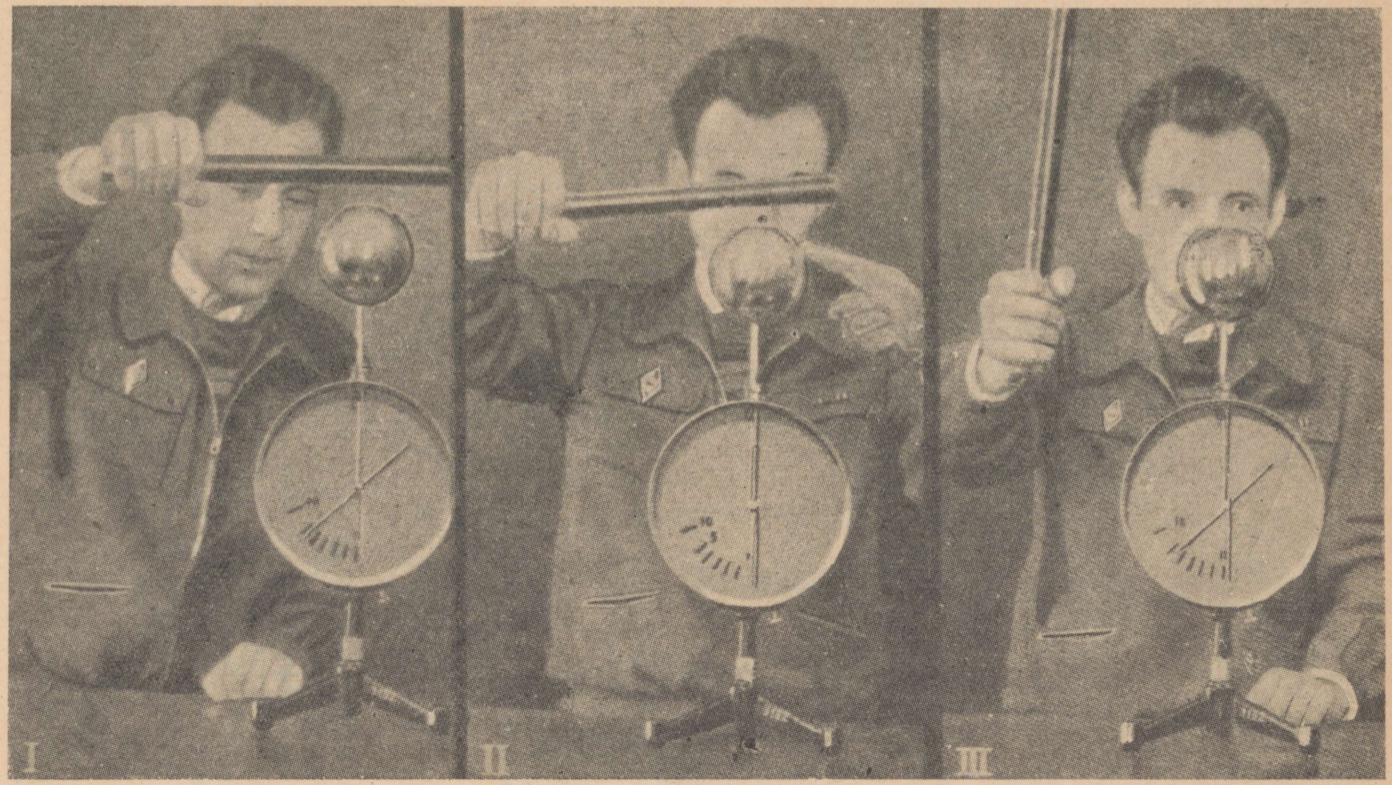
4. Juhid ja mittejuhid. Elektrivool. Ühendades laetud elektroskoopi teise laadimata elektroskoobiga mitmesugustest materjalidest pulgakeste abil, näidatakse õpilastele, et mõnede pulgakeste kaudu elektrilaeng siirdub ehk voolab ühest elektroskoobist teise. See katse lubab tarvitusele võtta juhtide ja mittejuhtide mõiste. Seejuures antakse õpilastele selliste juhtide ja isolaatorite loetelu, milledega tuleb neil kohtuda elektrodünaamika algmete õppimisel. Mittejuhtidest nimetatakse: eboniiti, kautšukki (isolatsioon juhtmetel), klaasi, marmorit ja fajanssi (kilbid ja monteerimisaparatuur), asbesti ja vilgukivi (isolatsioon elektriahjudes), siidi ja paberit (ümberpunutis juhtmetel), parafiini jms. (joon. 33); juhtidest — metalle, retortsüsi (elektrikaar).

Kirjeldatud katse sobib ka esimese mõiste kasutuselevõtmiseks elektrivoolust kui elektrilaengute edasinihkumisest juhti mööda.

5. Laengute neutraliseerumine. Elektrostaatiline induktsioon. Kahe erinimelise laengu neutraliseerumist näidatakse sellega, et ühendatakse omavahel kaks sultanit või elektroskoopi — üks, mis on laetud positiivselt, teine — negatiivselt. Elektrostaatilist induktsiooni tuleb vaadelda tema võimalikult lihtsal kujul (joon. 199). Samuti võib kasutada lahtivõetavat konduktorit, mis on ühendatud kahe elektroskoobiga.

6. Elektrisäde. Äike. Elektrostaatika õppimisel tuleb selgitada, et äike on üheks elektrinähtustest atmosfääris.[1] Selleks näidatakse eelkõige elektrisädeme tekkimist (Wimshursti) elektrostaatilise masina konduktorite vahel. Demonstreeritakse ka eetriga niisutatud vatitopi põlemasüttimist sädemest ja sädeme abil augu löömist kartongi. Samuti on soovitav demonstreerida voolu füsioloogilist toimet, tühjendades selleks väheldast leideni purki läbi õpilaste ahela. Kõik need katsed on seletuseks, et elektrisäde võib põhjustada tulekahju, mehaanilisi purustamisi ja inimese ning loomade vigastamist või surma. Küsimus, miks äikesepilved on elektriseeritud, jäetakse vaatlemata. Välgu kohta nimetatakse, et ta sähvatab kas kahe pilve vahel, milledel on märgilt erinevad laengud, või pilve ja maa vahel, kui mingis kohas tekib induktsiooni tõttu märgilt vastasnimeline

[1] Viimastest teaduslikkudest vaadetest äikesenähtusele vt. ajakirja „Электричество", 1946, nr. 10, ja J. Lang, H. Marran, A. Mitt jt. „Füüsika üldkursus" II.

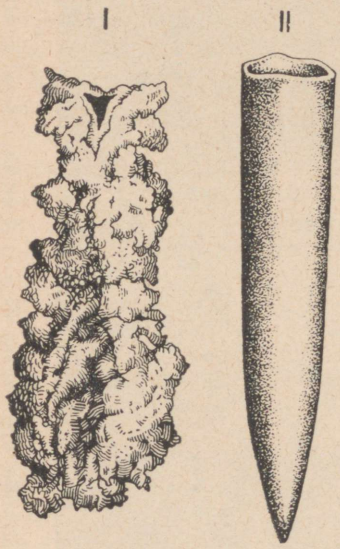


Joon. 199. Elektrostaatilise induktsiooni demonstreerimine Brauni elektromeetriga.

laeng. Peale selle antakse seletus, miks välk lööb kõige sagedamini kõrgematesse esemetesse.

Väga oluline on hajutada legendi sellest, et välgu löögil lendab maasse „pikse" nool.[1] Harimata inimesed peavad sellisteks noolteks harilikult belemniite — väljasurnud loomade (peajalgsete molluskide) jäänuseid (skelette) (joon. 200-II). Välgu löögi tagajärjel võib ka tekkida liivasse tema sulamise tõttu korrapäratu kujuga paatunud liivatükk, mida nimetatakse fulguriidiks (joon. 200-I).

Äärmiselt soovitav on näidata õpilastele diapositiivi välgu ülesvõttega või projitseerida episkoobi abil vastav joonis. Lõpuks jutustatakse õpilastele uurijatest, kes tõestasid, et äikest põhjustab atmosfääri seisukord (Lomonossov, Rihman (joon. 6), Franklin) ja piksekaitse ehitusest (joon. 201), juhtides nende tähelepanu maanduse *B* ehitusele.



Joon. 200. Fulguriit (I) ja belemniit (II).

Kui õpilastel on kodus raadiovastuvõtja antenn, siis tuleb neid hoiatada, et:

1) antenn ei saa olla piksekaitseks ja samal ajal ei soodusta ka mingit erilist välgu külgetõmbamist (välja arvatud kõrguse mõju), nagu seda väidavad mõned ebateadlikud isikud;

2) mitte ainult äikese ajal, vaid ka selle lähenemisel ei tule puudutada (maandamata) antenni, võimaliku tabamuse vältimiseks antenni kogunenud laengu poolt.

On kasulik näidata katkendeid kinofilmist „Гром и молния" (10 m).

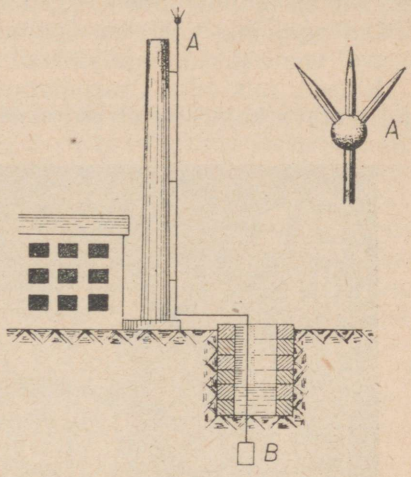
7. Ajaloolised teatmed. Ajaloolised teatmed piirduvad lühikeste näpunäidetega, et elektriseerimisnähtused olid tuntud juba enne meie ajaarvamise algust ja, muuseas, et nimetus „elekter" tuleneb kreekakeelsest sõnast „elektron", mis tähendab merevaiku (tema elektriseerumine hõõrumisel oli tuntud ammu). Tuleb ka mainida, et elektrostaatikat arendati põhimiselt XVII ja XVIII sajandil paljude teadlaste, sealhulgas ka õpilastele tuntud Otto Guericke töödega.

8. Kodused tööd. Õpilastele tuleb teha ülesandeks sooritada kodus mõned elektrostaatika katsed, andes neile vastavaid juhendeid elektripendlite ehitamisest suitsupaberist, niidist, kirjalaki- või

[1] Seda küsimust puudutatakse ainult sel juhul, kui sellist ebausku on antud kohas olemas.

parafiinitükikesest (küünla küljest). Lihtsustatud riistade näidiseid, mida on kerge luua kodustes tingimustes, soovitatakse asetada demonstratsioonilauale nende tutvustamiseks õpilastele. Elektriseeritavate kehadena võivad olla kammid, pudelid, tooted plastmassist või orgaanilisest klaasist. Katsed, mida on võimalik teha kodus, on: kehade külgetõmbumine, laengute vastastikune toime, laengu märgi määramine, lendav vatitopp; katsed ajalehepaberiga (vt. Перельман, Газетный лист) jt.

9. Klassivälised üritused. Elektrostaatika on üks kõige tänuväärsematest teemadest klassiväliseks tööks. Tungivalt on soovitatav organiseerida huvitava füüsika õhtu, kus õpilased näitaksid rea elektrostaatika katseid, saates neid vastavate seletustega. Selliste katsete hulka kuuluvad demonstratsioonid: kolbe võrk, laengu äravoolamine teravikust (Franklini ratas), leideni purk, suitsu hajutamine, inimese elektriseerimine jt.



Joon. 201. Piksekaitse ehitus.

Selline õhtu, nagu näitab praktika, soodustab huvi äratamist elektri õppimiseks ja täiendab samal ajal õpilaste teadmisi elektrostaatikast.

§ 92. Elektrivool, tema tunnused ja suund.

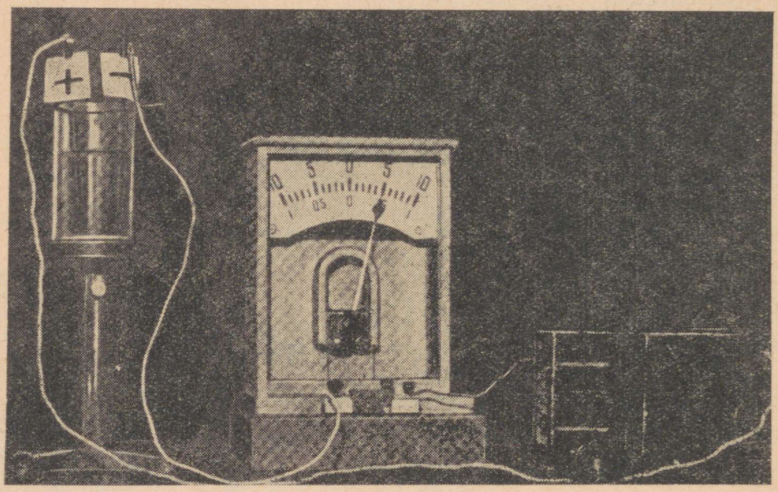
Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., § 43.

1. Sisu: a) Elektrivoolu magnetiline, soojuseline ja keemiline toime. b) Elektrivoolu suund. Galvanoskoop.

2. Elektrivoolu toimed. Elektrostaatikanähtuste põhjal saavad õpilased esimese kujutluse elektrivoolust kui elektrilaengute ümberpaigutumisest juhti mööda. See kujutlus on aga üsna ebakindel ja mittetäielik, sest ta tekib ainult järeldamisloogika põhjal laengute ümberpaigutamise vajadusest kehade laadimis- ja tühjendamisnähtustel. Õpilased pigem usaldavad õpetaja sõnu elektrivoolu olemasolust, kui et on selles veendunud. Seepärast on õpetaja järjekordseks ülesandeks tutvustada õpilast elektrivoolu selliste omadustega ehk õigemini — väliste avaldustega (mõjudega), millede põhjal võiks järeldada tema reaalset olemasolu, sarnaselt sellega, nagu elektrostaatikas saavad õpilased kindla veendumuse laengute olemasolust nende vastastikuse toime, elektroskoopide näitude jms.

järgi. Tehnilistel ja osalt metoodilistel kaalutlustel pole õpetajal võimalust demonstreerida voolu toimet elektrostaatilist laadi lahendusel; otsustus toime kohta sädelahenduse nähtuse põhjal aga oleks õpilastele liiga keeruline. Seepärast võetakse katseteks vooluallikas elementidest koostatud patarei kujul; seejuures teatatakse õpilastele, et vool laetud kehade elektrilahendusel on liiga lühiajaline ja nõrk; tema mõjude ilmsikstegemine on suuresti raskendatud; vooluallikas aga, mis võetakse õppimisele hiljem, on võimeline andma pidevat voolu pikema aja jooksul.

Katsed, mis tehti sissejuhatavas vestluses (§ 90), on juba loonud teatava kujutluse elektrivoolu toimetest. Demonstratsioone näi-



Joon. 202. Põhikatse ($CuSO_4$ elektrolüüs) voolu suuna kindlakstegemiseks.

dati siis selle selgitamiseks, et elektrivool on üks energia liike. Katsetel, mis tutvustavad voolu toimet kui tema olemasolu kindlaid tunnuseid, on teine eesmärk. Selliseid voolu tunnuseid on õigupoolest kaks: 1) lahutamatu omadus — magnetilised toimed ja 2) soojuse eraldumine juhtides.[1] Nende omaduste (elektromagnet ja juhi hõõgutamine) demonstreerimisega võikski küsimuse käsitlemisel piirduda, kui poleks vajadust kohe kasutusele võtta elektrivoolu suuna mõistet. Seepärast on kohustuslik demonstreerida keemilisi toimeid, nimelt vasevitrioli elektrolüüsi nähtust, mille põhjal on kõige kergem veenda õpilasi selles, et elektrivoolul on kindel suund (joon. 59 ja 202). Peale selle on soovitav näidata Örsted'i katset.

3. Voolu suund. Galvanoskoop. Märkinud ära aegsasti vooluallika poolused eri värvidega ning märkidega pluss ja miinus, näi-

[1] On õige temperatuuride kohta, mis ei ole lähedased absoluutsele nullile.

datakse õpilastele, et vase eraldumine toimub ainult $CuSO_4$ lahusega elektroliüütilise vanni kindlal elektroodil (joon. 59). Selle järel lülitakse juhtmed patarei pooluste juures nii ümber, et nad ilmselt ristuksid ja sellega kinnitaksid tehtud ümberlülimist. Katsel tuuakse esile, et vask eraldub nüüd teisel elektroodil. Demonstratsioon võimaldab anda voolu leppesuuna mõistet ja võtta kasutusele allika pooluste tähistamise plussi ja miinusega. Mnemooniliseks reegliks, mille kasutuselevõtmine on muide mittekohustuslik, võib olla järgmine: vase eraldumine toimub voolusuuna järgi (välises vooluringis).

Järeldust voolu suuna olemasolu kohta on parem toetada v e e l t e i s e d e m o n s t r a t s i o o n i g a magnetilistest toimetest. See on seda olulisem, et tema põhjal võib tutvustada õpilasi galvanoskoobi kui riista ehitusega, mida kasutatakse voolu suuna hõlpsaks ja kiireks määramiseks. Selleks näidatakse, et pöörduv magnetnõel tõmmatakse poolisse oma erinevate otstega, sõltuvalt voolu suunast.

Küsimuse käsitlemisel tuleb meelega hoiduda elektrivooluringi koostamise põhimõtte seletamisest, koondades õpilaste kogu tähelepanu faktidele voolu suuna üle otsustamiseks. Kuid joonis, mis iseloomustab vase eraldumist katoodil ja mis on sarnane joonisel 59 kujutatuga, tuleb tahvlile teha. Täpselt samuti on vajalik joonis, mis näitab galvanoskoobi töötamist voolu mitmesuguste suundade puhul ja voolu puudumisel.

4. Klassivälised tööd. Ringi töös on kohane tutvustada õpilasi elektrienergia muundumisega valgusenergiaks, milleks näidatakse neoonlampide ja mitmesuguste gaasidega torude töötamist. On kasulik tutvustada õpilasi ka lihtsate pooluste määramise viisidega: H_2SO_4 lahus, NaCl lahus fenoolftaleiiniga, ja samuti poolusepaberi kasutamine.

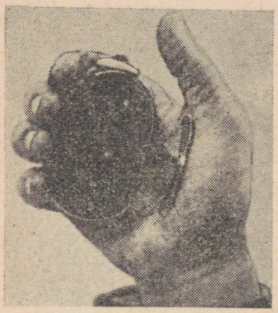
§ 93. Elektrivoolu allikad.

D e m o n s t r a t s i o o n - k a t s e d vt. II k., §§ **17**, 1—7 ja **44**, 1—3, 8 ja 9.

1. Sisu: a) Vooluallikate liigid. Mehaanilised ja keemilised generaatorid. b) Galvaani elemendid. Volta-, kroom- ja Leclanché elemendi ehitus. Kuivelemendid. c) Akumulaatori töötamise printsiip. Akumulaatorite põhitüübid — leelis- ja happeakumulaator. d) Galvaani elementide ja akumulaatorite kasutamine tehnikas.

2. Metoodilisi märkmeid. Kuivõrd voolu suuna tundmaõppimisel näidati õpilastele elektrivoolu allikat ja võeti kasutusele tema pooluste leppetähised, niivõrd on käesolev teema eelmise loomulikuks jätkuks. Elektrivoolu allikaid õpitakse tundma energeetilisest küljest, s. o. kui energia ühe liigi muundajaid elektrienergiaks. Selle õppimisel tuleb taastada õpilaste mälus energia jäävuse seadus ja osutada sellele, et vooluallikates tekib elektrienergia energia teiste liikide kulutuse arvel. Liigitades vooluallikaid ja lükates edasi „mehaanilise" generaatori põhimõtte vaatlemise oma ajani, pühen-

datakse kogu käsitlus keemiliste vooluallikate — galvaani elementide ja akumulaatorite õppimisele. Kuna elektrolüüsiprotsesse ei õpita seitsmeklassilise kooli füüsika kursuses [1], siis tuleb anda ainult kõige üldisem kujutlus keemilistest reaktsioonidest galvaani elementides, piirdudes peamiselt reaktsiooni olemasolu kindlakstegemisega tsingi ja lahuse vahel, mille korral toimub keemilise energia muundumine elektrienergiaks.



Joon. 203. Taskulamp magneto-elektrilise masinaga.

On vajalik, et õppimise tulemusena õpilased kujutleksid, et galvaani element koosneb kahest ainelt erinevast elektroodist, mis on asetatud lahusesse, mis keemiliselt mõjub ühele neist või mõlematele, kuid erinevalt, ja et elektrienergiat saadakse elemendist siis, kui see reaktsioon toimub.

Antakse kujutlus galvaani elementide kahe tüübi — Leclanché ja kroom-elemendi ehitusest; viimast tüüpi õpitakse tundma sellepärast, et ei ole raske real lihtsatel katsetel näidata teda kui Volta elemendi täiustust. Akumulaatorite küsimust käsitellakse veel elementaarsemalt, nimelt: juhitakse tähelepanu põhimõttelisele erinevusele galvaani elementidest ja liigitatakse nad kaheks põhiliigiks — leelis- ja happeakumulaator. Õpilased peavad omandama ka lihtsaimad terminid — „poolused" ja „elemendi elektroodid".

3. Galvaani elemendid. Vooluallikate tundmaõppimist tuleb alata nende liigitamisega kaheks põhitüübiks muundatava energia liikide järgi — mehaanilisteks ja keemilisteks vooluallikateks. Demonstreerides elektrilambi hõõguma-hakkamist dünamost saadavast voolust, dünamost, mis pannakse käima käe abil, osutatakse sellele, et seesuguses allikas mehaaniline energia muundub elektrienergiaks. Väga näitlik on ka magneto-elektrilise masinaga taskulambi (joon. 203) demonstreerimine. Õpilastele tehakse teatavaks, et sellist tüüpi vooluallikat õpitakse tundma hiljem, ja minnakse üle keemiliste vooluallikate vaatlemisele. Esimesena demonstreeritakse Volta elementi, mis on koostatud vask- ja tsinkplaadist, asetatud väävelhappe lahusesse. Tuleb juhtida õpilaste tähelepanu sellele, et lahuse ja tsingi vahel toimub keemiline reaktsioon. Selleks tuleb näidata seda reaktsiooni eraldi, kas katseklaasis või klaasikeses, ja süüdata põlema eralduv gaas. See katse veenab õpilasi keemilise reaktsiooni olemasolus tsingi ja happe vahel, sest Volta elemendis on reaktsioon halvasti märgatav. Volta elemendi töötamist näidatakse sel teel, et ühendatakse temaga elekterkõlisti, mis on hästi reguleeritud, sest muidu ta ei hakka helisema. Asendades vase söega, saadakse tugevam efekt, mis osutab teise elektroodi tähtsusele, mis ei allu lahuse keemilisele mõjutusele.

[1] Elektrolüüsi õpitakse keemia kursuses.

Sooritatud katsed võimaldavad seletada galvaani elementide töötamise põhimõtet üldse, mis seisab selles, et elektrienergia tekib keemilise energia arvel reaktsioonil elemendi ühe elektroodi ja lahuse vahel. Edasi näidatakse sellesama katse abil, et Volta element on suuteline andma voolu lühikese aja kestel, ja siis ta tegevus lõpeb. Küsimust selle kohta, miks toimub elemendi tegevuse lakkamine, vaadeldakse kõige üldisemates joontes kui isoleerimist eralduva gaasi kihiga, kuid kujutlust polarisatsiooninähtuse olemusest ei anta. Nimetatakse ainult, et kestvam ja tugevam mõju saadakse lahusele mõnede keemiliste ainete lisandamisel, mis takistavad „gaasikesta" tekkimist anoodil. Seda tõestatakse katsel elemendiga tsink-süsi, lisades lahusele kaaliumbikromiiti. Seega õpilased tutvuvad kroomhappe-elementide ehituse ja töötamise põhimõttega. Nende elementide hulka kuulub Grenet' element.

Erakordse tähtsusega polarisatsiooni mõistmiseks ja käsiteldava paremaks omandamiseks õpilaste poolt on galvaani elementides (joon. 204) toimuvate reaktsioonide demonstreerimine projitseerimise teel ekraanile. Selleks on tarvis kõige lihtsamaid omavalmistatud riistu: tasaparalleelsete seintega anum ja kaks ribakest — tsink- ja vaskriba.

Täiesti kohustuslik on tutvustada õpilasi Leclanché elemendi ja tema teisendite ehitusega, mis on tuntud kuiv- ja märgelemendi nimetuse all. Nimetatakse, et elektroodideks neis, samuti nagu Grenet' elemendiski, on tsink ja süsi, lahuse koostisse aga kuulub mitte väävelhape, vaid salmiaak. Töötamise pidevus saavutatakse mangaanülihapendi tõttu, mis ümbritseb elemendis süsielektroodi. On kohustuslik demonstreerida kuivelementi lahtivõetud kujul ja näidata, et lahus temas on muudetud taignataoliseks selleks, et see lahus elemendi kummutamisel ei voolaks välja.

Vaadeldud elementide kohta antakse juhend, et positiivseks pooluseks neis on süsi, negatiivseks — tsink.

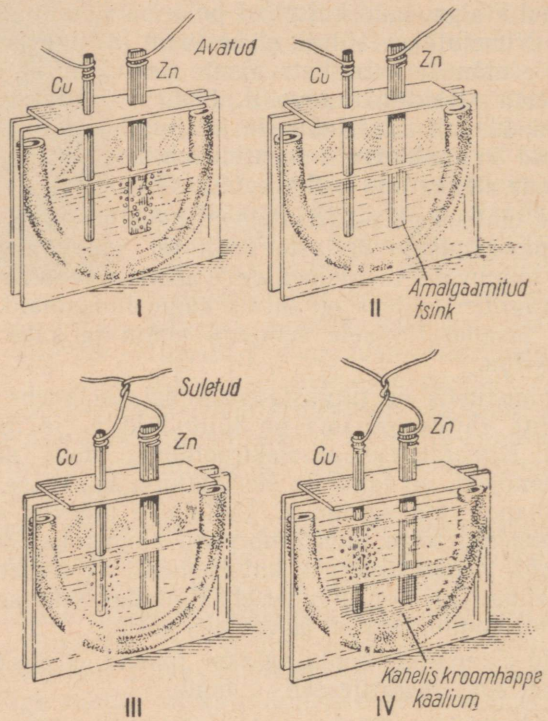
4. Akumulaatorid. Üleminekuks akumulaatorite küsimusele selgitatakse galvaani elementide põhipuudust, mis seisab selles, et pärast seda, kui neis on ära kulunud tsink või lahus, tuleb nad asendada uutega, kuivelemendid aga ära visata. Akude kohta aga näidatakse, et kulutatud keemiliste ainete taastamine, millede reaktsioonil eraldus elektrienergiat, toimub voolu läbilaskmisel vastassuunas. Selleks järgneb aku töötamisprintsiibi (laadimise ja tühjendamise) demonstreerimine, milles õpilased näeksid tinaülihapendi tekkimist. Akude liigitamine leelis- ja happeakumulaatoriteks on kohustuslik. Tuleb ka näidata leelis- ja happeakumulaatorit lahtivõetud kujul, mitte laskudes seletustel mingitesse detailidesse.

Galvaani elementide ja akumulaatorite käsitsemise põhireeglid on kohasem käsitella esimesel laboratoorsel tööl nendega.

5. Ajaloolised teatmed. On soovitav, kas või kõige lühemal kujul, tutvustada õpilasi G a l v a n i ja V o l t a avastustega, mis

panid alguse uuele ajastule elektriõpetuses. Need andmed on kasulikud ka selles mõttes, et seletavad galvaani elemendi ning voolu nimetuse ja hiljem ühiku nimetuse — voldi tekkimise.

6. Rakendusi tehnikas. Õpilastele teatatakse, et käesoleval ajal galvaani elemente kasutatakse sellistes seadistes, mis ei nõua suurt elektrienergia hulka. Niisuguste seadiste hulka kuuluvad näiteks:



Joon. 204. Galvaani elemendi töötamise printsiibi demonstreerimine tasaparalleelsete seintega anuma projitseerimisel ekraanile. I — anumasse väävelhappe lahusega on asetatud kaks ribakest, üks on vasest, teine amalgaamimata tsingist — vesinik eraldub tsingil. II — tsinkplaadike on amalgaamitud — vesiniku eraldumist ei toimu. III — elemendi sulgemisel vesinik eraldub vasel. IV — depolarisaatoriga kihis vesiniku eraldumist ei ole.

kellasignalisatsioon, taskulambid, telefon, telegraaf, mõned raadiovastuvõtjate tüübid jms. Akude kasutamise tähtsust on kõige parem selgitada sellistel näidetel, nagu tuulejõujaama seade, valgustus rongides, auto starteri toitmine jms. Akude eriti suurt tähtsust sõjaasjanduses märgitakse allveelaeva suhtes. Elementide teistest rakendustest on kasulik vaadelda detoneerimisseadise ehitust ujuvmiinidel. Akude kasutamise kohta sõjaasjanduses vt. Внуков, Физика и оборона страны, 1943.

7. **Õppevahendid.** Käsitelles vooluallikate kasutamist tehnikas, tuleb demonstreerida vastavaid diapositiive või projitseerida episkoobiga jooniseid raamatust.

8. **Klassivälised tööd.** Ringi töös on kasulik tutvustada õpilasi tsingi amalgaamimisega ja galvaani elementide ehitamisega. Tungivalt soovitav on demonstreerida väävelhappelahuse elektrolüüsi ja soolade (näiteks KJ ja NaJ) lagundamise mõningaid reaktsioone värviliste indikaatoritega (joon. 205).

§ 94. Elektrivooluring.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 43, 1—3 ja 67, 1—5.

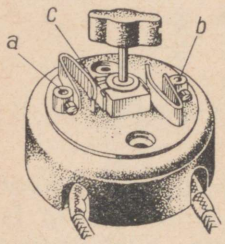
1. **Sisu:** a) Elektrivooluringi koostamise põhimõte ja tema koosteosade otstarve. b) Voolu juhtimine vooluringi lüliti abil. c) Isolatsiooni ülesanne juhtmetel. Esimene mõiste lühiühendusest (lühis). d) Kujutlus pingest kui voolu tekkimise põhjusest vooluringis. e) Vastuvõtjate paralleel- ja järjestikku-ühendus. f) Elektrivooluringi leppetähised. Skeemide joonestamine. g) Laboratoorne töö: lihtsaimate vooluringi skeemide koostamine.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Elektrivooluringi õppimisega lõpetatakse teatmete esimene ring elektrist. Selle teema vaatlemisel 1) võetakse kokku ja täpsustatakse kõik varem saadud teatmed elektrist; 2) õpitakse tundma elektrivooluringi koostamise printsiipi ja tema eri osade konkreetseid ülesandeid; 3) õpitakse tundma abiosade (klemmi, juhtme, lüliti jms.) ehitust ja 4) võetakse kasutusele esimesed kujutlused voolu pingest.

Teema õppimise tulemusena peavad õpilased kord ja jäädavalt omandama teadmised vooluringi koostamise kohta, ära õppima mitte ainult joonestama tema skeeme, vaid ka kindlalt omandama tegelikud oskused tema koostamiseks. Kuna need teadmised ja oskused on väga olulised kursuse edasisel õppimisel, siis tuleb käesolevat teemat vaadelda kui ühte tähtsamatest ja vastutusrikkamatest. Sellepärast tuleb tema õppimisele pöörata kõige tõsisemat tähelepanu.

3. **Elektrivooluring.** Katsed, mis demonstreerisid elektrivoolu mõjusid, sealhulgas need, mida kasutati tema suuna määramiseks ja andsid kujutluse keemilise vooluallika ehitusest jms., on küllaldaseks materjaliks elektrivooluallika ja tema koosteosade struktuuri selgitamiseks. Moodustades seadiseid kahe-kolme katse jaoks varem näidatuist või korraldades uusi, ei ole õpetajal raske eelkõige selgitada õpilastele, et elektrivooluring moodustab endast kinnise rõnga, ja siis seletada seoses sellega üldiselt tarvitatav terminoloogia, näiteks vooluringi sulgemine ja katkestamine jms. Viies vooluringi lüliti, tuleb katsel näidata tema toimet, pannes elektrilampi või

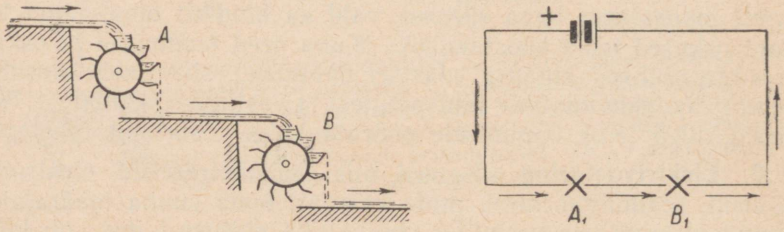
elektriallikat kord katkestama oma tegevust vooluringi katkemisel, kord uuesti alustama seda tema ühendamisel (vt. II k., joon. 493-I). Edasi, võrreldes omavahel kahe vooluringi seadiseid, näiteks ühte lambikesega ja teist mootorikesega, ei ole raske välja selgitada lihtsama elektrivooluringi kolm põhiosa, nimelt: vooluallikas (element või aku), vooluvastuvõtja (lambike, mootorike, elektromagnet, elektrolüütiline vann jms.) ja neid ühendavad juhtmed. Seejuures määratakse kindlaks vooluringi osade otstarve: allikas, muundades energia mingi liigi elektrienergiaks, on voolu tekitamiseks vooluringis; vastuvõtja on elektrienergia muundamiseks teisteks energia liikideks; juhtmed on voolu juurdetoomiseks vastuvõtjale ehk voolu kanaliseerimiseks. Elektrivooluringi skeemi kujutatakse leppeliselt, vastavalt üldiselt tarvituselevõetud vooluringi osade sümbolitele (joon. 63). Elektrivooluringi skeemi ja tema koosteosade energeetilise tähtsuse käsitlemisel võib osutada suurt kasu analoogia seadisega, mis on kirjeldatud § 89, 3 ja näidatud joonisel 197.



Joon. 206. Installatsioon-lüliti: *a* ja *b* — vetruvad kontaktid; *c* — pöörduv metallplaadike, mis lülib voolu.

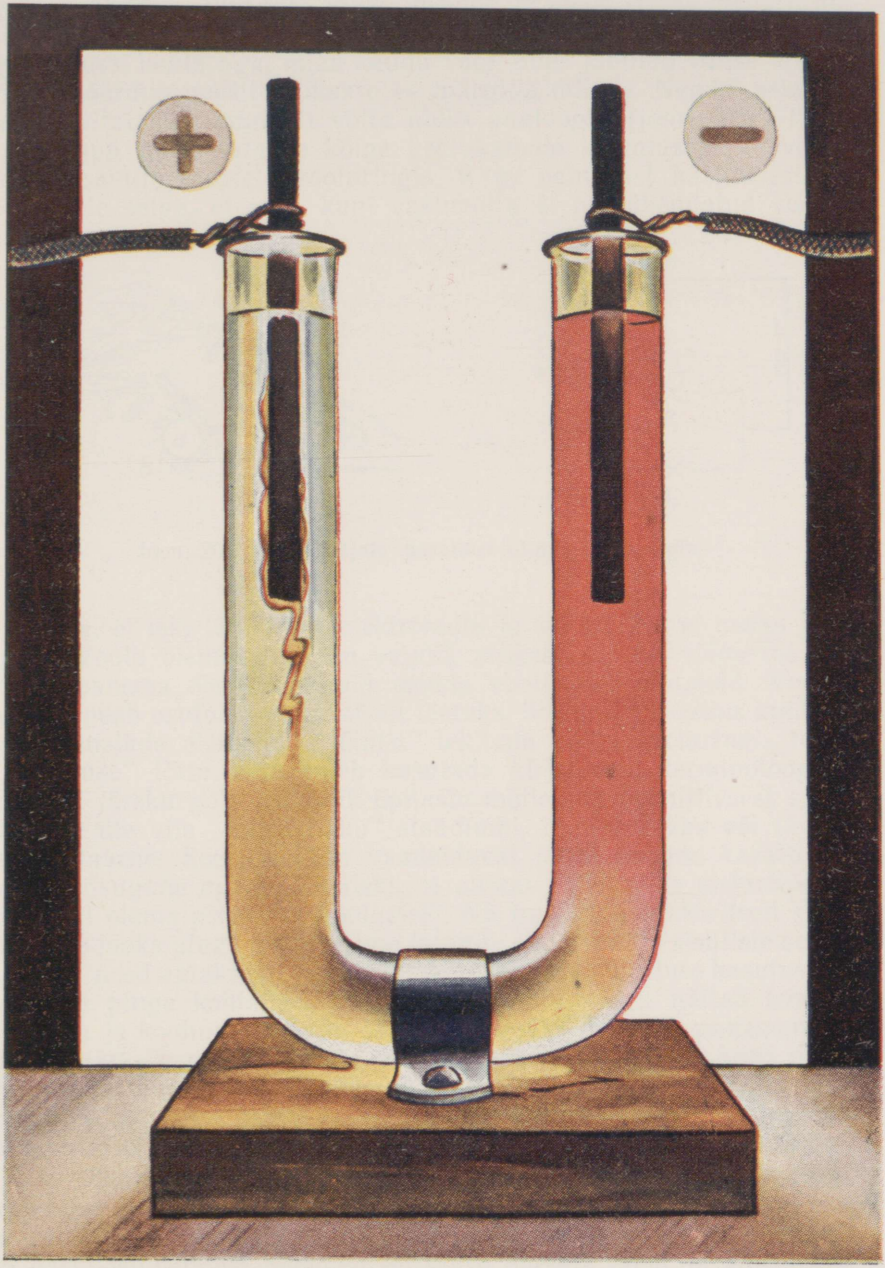
Galvaani elementide ehituse kohta on õpilased saanud kujutluse juba varem. Vastuvõtjate ehitust ei tule vaadelda, kuid tutvustada õpilasi juhtmete (ühe- ja mitmekiuliste) ehitusega ja isolatsiooni otstarbega nendel on kohustuslik. Samuti vaadeldakse võtme ja installatsioon-lüliti (joon. 206) ehitust.

Ühenduses juhtmete isolatsiooni küsimusega selgitatakse, mida nimetatakse lühiühenduseks, kusjuures teatatakse, et ta toob tunduvat kahju vooluallikale. Lõpuks näidatakse elektrivooluringi, mida toidetakse valgustusvõrgust.



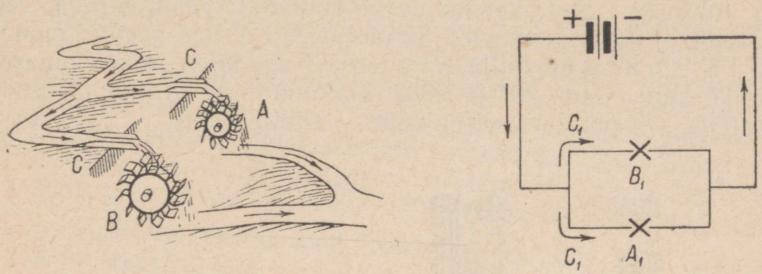
Joon. 207. Vastuvõtjate järjestikku-lülimise analoogia.

Vooluringi õppimise teine etapp pühendatakse sellele, et tutvuda pooluste tähistamisega märkide abil, voolu suunaga ja tema leppetähistamisega noolte abil. Segaduste vältimiseks edaspidi tuleb harjutada õpilasi tähistama voolu suunda sabata noole abil (joon. 207 ja 208), erinevalt (kehade) mehaanilise liikumise suuna tähistami-



Joon. 205. Soolade NaJ või KJ lagundamine elektrivooluga (jood — kollakas-pruuni värvusega; leelisreaktsioonil fenoolftaleiiniga — helepunase värvusega).

sest. Voolu suuna käsitlemisel tuleb õpilastele meenutada katseid $CuSO_4$ lahuse elektrolüüsiga ja magnetnõela kõrvalekaldumisega galvanoskoobis, kuid tuletada ka meelde, et voolu suund vooluringis sõltub allikast ja et voolu väljumise kohta sellest tähistatakse märgiga pluss, kohta aga, mida kaudu vool, olles läbinud välise vooluringi, pöördub uuesti allikasse — märgiga miinus. Nendel seletustel soovitatakse tungivalt võtta abiks analoogia (joon. 196—198). Lõpuetapp pühendatakse kõige keerukamale küsimusele — voolu tekkimise tingimustele vooluringis. Kogu eelnevast käsitlusest on õpilastele selge, et seni, kuni vastuvõtja ei ole ühendatud voolu-



Joon. 208. Vastuvõtjate paralleel-lülimise analoogia.

allikaga, ei teki läbi tema elektrivoolu ja vastuvõtja ei hakka töötama. Voolu olemasoluks on vajalik allikas, mis on võimeline liikuma panema elektrilaenguid mööda vooluringi juhtmeid. Vooluallikas peab osutuma elektriliselt laetuks. Siis tekib vajadus kuidagi iseloomustada elemendi „võimet" tekitada voolu vooluringis tema „laetavuse" tõttu. Siin tuleb kasutada kirjeldavat terminoloogiat, sest nii järsku pole võimalik õpilaste mõtlemist primitiivsest staadiumist üle viia „teaduslikku" staadiumi, olgu see kas või täiesti elementaarne. Seepärast on vaadeldaval juhul kohane kasutusele võtta niisugune mõiste: „selleks, et allikas võiks anda elektrivoolu, peab tal olema pinget ta poolustel". Nii tuuakse esmakordselt sisse õpilaste jaoks pinge mõiste, ilma mingite sügavamate sisuliste selgitusteta, need antakse hiljem. Niisuguse esimese kujutluse kasutuselevõtmine pinge kohta elektri õppimise algul, nagu näitab teooria (§ 8, 2) ja koolipraktika, on esimeseks kiviks rajatud vundamendis, millele järk-järgult ehitatakse ja vormitakse pinge mõiste tema energeetilises tähenduses. Analoogia kasutamine (joon. 198), milles pinget võrreldakse surve ja rõhuga, on soovitav, sest ta võimaldab esmakordselt avada erinevuse voolu pinge ja tema tugevuse vahel.

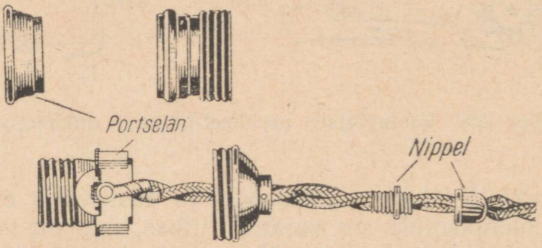
4. Vastuvõtjate ühendamine rühmadesse. Küsimust vooluallikate ühendamisest omavahel vaadeldakse hiljem — pärast esimeste kujutluste kasutuselevõtmist pinge kohta. Vastuvõtjate järjestikku- ja paralleelühendusi demonstreeritakse õpetaja poolt ja edasi õpitakse tundma õpilaste poolt laboratoorses töös. Suur tähtsus on

omade jõududega valmistatud pildi kasutamisel, kus analoogiana on kujutatud vesirattad *A* ja *B*, mis on üles seatud jões: 1) teineteise järel (joon. 207) ja 2) kõrvuti paralleelsetes harudes *CC* (joon. 208).

5. Vooluringi ja tema osade leppetähised. Pärast vooluringi koostamise põhimõtte vaatlust tutvuvad õpilased vooluallikate ning vastuvõtjate ja ka vooluringi teiste abiosade leppetähistega. Selle tulemusena peavad õpilased ära õppima korralikult kujutama skeemil lihtsamaid elektrivooluringe.

Joonestamise õpetamisel tuleb silmas pidada järgmisi asjaolusid:

1) Juhtmed, mis ühendavad vooluallikat vastuvõtjaga, tuleb joonistada sirgjoontena ja painutamisel nad peavad moodustama täisnurga, mille tõttu vooluringi kogu skeem omandab ristküliku kuju (joon. 207 ja 208). Lubamatu on kujutada juhtmeid kõveratena, või mis on veel halvem — spiraalidena.



Joon. 209. Elektrilambipesa ühendamine.

2) Tuleb rangelt kinni pidada joonisel 63 toodud leppetähistest, mis on elektrotehnikas kasutusele võetute teatavaks lihtsustatud teisenduseks.

3) Vooluringi kõiki osi tuleb kujutada küllalt suurelt ja seejuures ühesuguses mõõtkavas, püüdes selle poole, et ühendusjuhtmed ei hõivaks liigselt ruumi.

Joonisel 63 toodud tähistest tutvuvad õpilased ainult nendega, mis vastavad nende poolt nähtud riistadele; ülejäänud tähised esitatakse järk-järgult hiljem.

6. Laboratoorne töö. Suure tähtsusega elektrivooluringi tundmaõppimisel on vastav laboratoorne töö elektrivooluringi koostamiseks. Selles töös peavad õpilased tegelikult tutvuma lihtsamate elektrivooluringide koostamisega, neid moodustavate riistadega ja saama rea polütehnilist laadi oskusi. Peale selle tuleb neile õpetada rida reegleid vooluallikate käsitsemisest ja võtteid vooluringi moodustamiseks, selleks et hiljem nõuda nende täpset täitmist. On väga soovitav, et õpilased ise koostaksid galvaani elemendi söepulgakesest ja tsinkplaadikesest (Gorjatškini kogum elektrolüüsi alal), mis asetatakse lahusesse kroomvedelikuga (joon. 202). Soovitatakse koos-

tada skeeme — ühte kõlistiga ja teist esialgu ühe ja siis kahe lambikesega, mida lülitatakse järjestikku ja paralleelselt. Samuti on vajalik, et õpilased õpiksid lülima vooluringi võtit, selleks et juhtida kas ainult ühte või kahte vastuvõtjat. Õpilastelt tuleb nõuda, et nad tutvuksid tegelikult ka elektrijuhtmete ehitusega, milleks on soovitatav anda neile juhtmete tükikesi tüüpiliste isolaatoritega — emailiga, puuvillase punutisega ja kummiga. Samuti tuleb õpetada neid õigesti kinnitama juhtmeid klemmide alla, kõrvaldama isolatsiooni ja ühendama juhtmeid.

7. **Ülesanded.** Nii klassis kui ka kodus peavad õpilased läbi tegema mitu elektrivooluringide joonestamise ülesannet. Peale põhimõtteliste skeemide tuleb anda õpilastele teha mõned montaažskeemid, s. o. näidata joonisel üksikute riistade ühendusi, mis asetsevad kindlates kohtades. Niisuguste ülesannete (keeruliste) hulka kuulub näiteks selline: näidata vooluallika, kõlisti ning nupu selline ühendus, et kõlisti heliseks vajutamisel ainult ühele kummastki nupust, kui riistad on asetatud nii, nagu on näidatud joonisel 99.

8. **Klassivälised tööd.** Klassivälises töös võib eelkõige korraldada treening-töid vooluringi skeemide koostamiseks. Ringis on kõige tähtsamateks töödeks: 1) juhtmete lihtsaim montaaž ja valgustusseadme armatuuri juhtmetega ühendamine (joon. 209) ja 2) elektervalgustuse põhiskeemide koostamine.

§ 95. Elektrivoolu tugevus.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 15, 9—12, 45, 2, 44, 7 ja 68, 1—4.

1. **Sisu:** a) Elektrivoolu tugevus. Voolu tugevuse ühik — amper. b) Voolu tugevuse arvutamine 1 sek. jooksul eralduva metalli hulga järgi. c) Ampermeeter. Tema töötamise printsiip. Tema lülimisviis elektrivooluringi. d) Laboratoorne töö: Voolu tugevus on ühesugune hargnemata vooluringi mitmesugustes punktides.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Voolu tugevuse defineerimine on võimatu selge kujutluseta elektri hulgast, mille mõiste püstitatakse elektrostaatika õppimisel. Katsete abil on kerge veenda õpilasi, et elektrilaengud võivad olla suuremad või väiksemad, s. o. erineda oma suuruselt. On oluline õigeaegselt tarvitusele võtta laengute kohta oskussõna „elektri hulk" sel otstarbel, et käesoleva teema käsitlemist mitte keerulisemaks teha selle küsimuse eri vaatlemisega. On oluline, et õpilased saaksid eelnevast käsitlusest kujutluse elektrilaengust kui teatavast elektri hulgast, mis on analoogiline ainehulga, soojushulga jms. mõistetega. Elektri hulga mõõtühiku — kuloni kasutuselevõtmine ei ole tarvilik, sest amprit saab defineerida tema abita. Kui aga pingeühikut — volti — definee-

ritakse voolu töö kaudu (§ 97, 2), siis on täiesti vajalik käsitella elektri hulga mõõtmise küsimust.

Suure tähtsusega käesoleva teema õppimisel on tõsiasi, et voolu tugevus on ühesugune hargnemata vooluringi kõikides punktides, sest muidu hakkavad õpilased hiljem, pärast voolu tundmaõppimist, tihtilugu väitma, et voolu tugevus on suurem enne tema läbimist vastuvõtjast kui pärast väljumist temast. Küsimuse selgitamiseks toovad suurt kasu analoogiad, mis on näidatud joonistel 196 ja 197. Peale voolu tugevuse mõiste ja tutvumise tema määramise viisidega metalli eraldumise kaudu elektrolüüsil, on kohustuslik vaadelda küsimust voolu mõõtmisest ampermeetriga. Teema õppimise tulemusena peavad õpilased omandama peale vastavate teadmiste ka oskusi voolu tugevuse mõõtmiseks ampermeetriga.

3. **Voolu tugevus (suurus).** Elektrivoolu tugevuse mõiste kasutuselevõtmisel tuleb abiks võtta analoogiaid, millede vaatlemine kergendab tunduval määral selle mõiste selgitamist. Tõepoolest, toru ristlõiget läbiv vee hulk on analoogiline elektrivoolusuurusega. Peale selle on veevoolu tugevus samuti ühesugune toru mistahes kohas, nagu seda täheldatakse ka elektrivoolu kohta hargnemata vooluringis (§ 89).

Teema käsitlemist tuleb alata sellest, et voolu tugevus võib olla mitmesugune. Eelnevast õpingust õpilased juba teavad, et elektrivool kujutab endast juhti mööda teatavas suunas liikuvaid laenguid; sellepärast tuleb nüüd tõestada neile katse abil ainult seda, et vool võib olla oma suuruselt suurem või väiksem. Otsustamine toimub siin mitmesuguste voolude mõju intensiivsuse võrdlemise põhjal katsetel (erinevused: ühe ja sama lambikese helenduses, raua külgetõmbamises ühe ja sama elektromagneti poolt, galvanoskoobi või mingi teise mõõteriista osuti kõrvalekaldumises jms.).

Teinud kindlaks, et voolu tugevus (suurus) võib olla erinev, võetakse kasutusele voolava vee analoogia abil mõiste voolu tugevusest (suurusest) kui elektri hulgast, mis voolab läbi juhtme ristlõike[1] ühes sekundis. Väga kasulikuks ja jõukohaseks osutub veel voolu võrdlemine veevärgi kraanist väljavoolava veega. Õpilastele ei tekita raskusi taibata, et „veevoolu" tugevus on seda suurem, mida suurem veehulk voolab välja igas üksikus sekundis.[2] Vaatamata voolu tugevuse mõiste näivale lihtsusele, on õpilastel raske hinnata, nagu näitab praktika, voolu tugevuse definitsioonis selliseid tegureid, nagu aega ja vajadust nimetada juhtme ristlõiget. Sellepärast tuleb neilt vastamisel kohe pärast definitsiooni nõuda selgitust, miks elektri hulk on viidud ajaühikule ja miks definitsioonis räägitakse ristlõikest.

Võrreldes katseid põleva lambikesega ja hapustatud vee elektrolüüsiga, pole raske selgitada õpilastele, et vahendiks voolu tugevuse

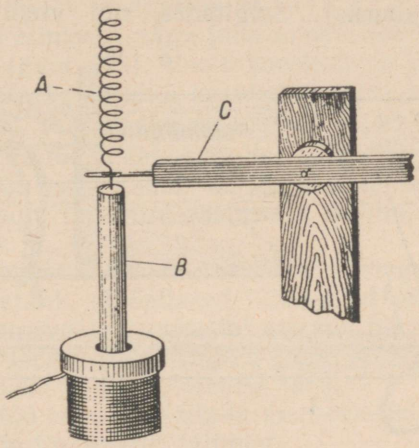
---

[1] Oskussõna „ristlõige" selgitamise kohta vt. § 96. 3.

[2] Õpilased kalduvad analoogia alusel järeldama elektrivoolu erinevat kiirust, mille eest tuleb neid hoiatada.

(suuruse) määramisel on elektrolüüsinähtus. Kuna elektrolüüsil eraldatud metalli hulga mõõtmist saab teha täpsemalt ja lihtsamalt kui samasugust mõõtmist gaaside kohta, siis edasi võib põhjendada, miks otsustatakse voolu tugevuse (suuruse) kohta metalli (hõbeda) eraldumise põhjal.

Voolu tugevuse (suuruse) ühikut — amprit defineeritakse kui sellist voolu, mis eraldab 1 sekundis 1,118 *mg* hõbedat, s. o. saadakse läbi kuloni vahenduseta. Õpilastele tuleb nimetada, et voolu tugevuse (suuruse) ühik — amper — on nimetatud nii prantsuse teadlase A m p è r e'i auks, kes oma töödega on palju saavutanud



Joon. 210. Ampermeetri lihtsaima mehhanismi ehitus poolisse tõmbuva südamikuga. Raudsüdamik *B*, mis ripub vedru *A* otsas ja on ühendatud pika osuti *C* ühe otsaga, tõmmatakse pooli sisse seda sügavamale, mida tugevam on teda läbiv vool.

elektriõpetuse alal. Pärast voolu tugevuse (suuruse) ühiku kindlakstegemist ja tutvumist tema tähistamisega tähe *A* abil lahendatakse treeningülesanded umbes sellist tüüpi:

I. Leidke voolu tugevus, mis eraldas hõbedasoola lahusest 100 sek. jooksul 111,8 *mg* hõbedat.

II. Kui palju hõbedat eraldab 1 minuti jooksul vool tugevusega 5 *A*?

Nende ülesannete tingimustesse ei tule sisse võtta niisuguseid andmeid, mis keerustaksid arvutusi ja tõmbaksid tähelepanu kõrvale põhiküsimusest.

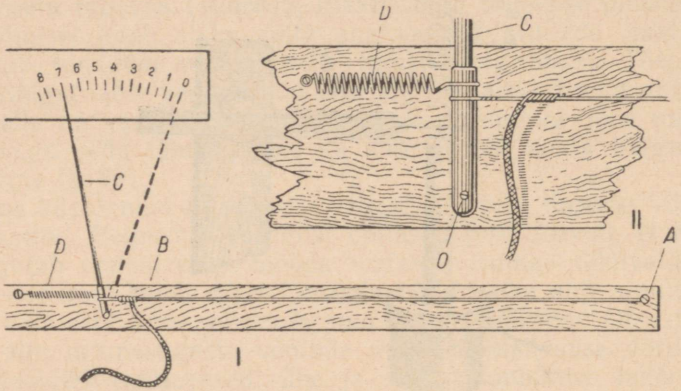
Pingemõiste tõlgendamisel energeetilises mõttes (§ 97, 2) tuleb kasutusele võtta elektri hulga ühik — kulon, mida defineeritakse kui elektri hulka, mille läbimisel läbi lahuse eraldub 1,118 *mg* hõbedat. Voolu tugevuse (suuruse) definitsioon antakse kooskõlas ülaltooduga, kuid amper defineeritakse kuloni kaudu kui niisugune vool,

mille puhul 1 sek. jooksul voolab läbi juhtme ristlõike 1 kulon. Siis tuleb nähtavasti kasutusele võtta seos:

$$\text{voolu tugevus} = \frac{\text{elektri hulk}}{\text{aeg}} \quad \text{ehk} \quad I = \frac{Q}{t}$$

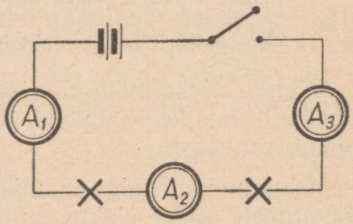
ja sooritada vastavaid arvutusi treenimise otstarbel.

4. Ampermeeter. Katse abil võib näidata, et galvanoskoopi saab kasutada voolu tugevuste (suuruste) võrdlemiseks ja järelikult tema mõõtmiseks. Selleks ühendatakse ampermeeter järjestikku lambikesega ja demonstreeritakse, et osuti kõrvalekaldumine on seda suurem, mida intensiivsem on lambi helendumine, s. o. mida suurem on voolu tugevus (suurus). Selgitades, mil viisil võib kaliibrida



Joon. 211, I ja II. Lihtsaima termilise riista ehitus. Juhe *AB*, mis on ühendatud osutiga *C*, tõmmatakse pingule vedru *D* abil. Juhtme soojuspaisumisel voolu mõjul osuti kaldub kõrvale (skaalal on kujutatud ühtlased leppejaotused, mis ei vasta voolule).

ampermeetrit, tuleb teha demonstratsioon-ampermeetriga mõned mõõtmised. Õpilasi tutvustatakse ka sellega, et täht *A* skaalal on tunnuseks, mis eristab ampermeetrit teistest elektri mõõteriistadest. Ampermeetrite ehituse selgitamine, milledega õpilastel tuleb tegelda — demonstratsioon-galvanomeetri ja kooli laboratooriumi ampermeetri — on sellel etapil võimatu. Seepärast tuleb piirduda kõige lihtsamate mehhanismide printsiipide vaatlemisega — sissetõmbuva südamikuga (joon. 210) ja termilise (joon. 211) ampermeetri omaga. Vastavate mudelite demonstreerimine on kohustuslik.



Joon. 212. Ampermeetri lülimise skeem voolu tugevuse konstantsuse jälgimiseks hargnemata vooluringis.

Lõpuks näidatakse koos vastava skeemi joonistamisega (joon.

212) ampermeetri lülimisviisi vooluringi, kusjuures juhitakse tähelepanu kahele põhimisele asjaolule:

1) kohustuslikkusele lülida ampermeetrit vooluringi ainult järjestikku teiste riistadega;

2) vajalikkusele ühendada ampermeetri pluss selle juhtmega, mis tuleb vooluallika positiivsest poolusest, kui ampermeetril on vastavad tähised.

5. Voolu tugevus (suurus) hargnemata vooluringis. Eriti suure tähtsusega on voolu tugevuse konstantsuse küsimus hargnemata vooluringi kõikides punktides, mitte ainult eespool näidatud põhjusel, vaid ka reegli (kolmanda) põhjendamiseks, et ampermeetrit võib lülida mõõtmiseks vooluringi mistahes kohta. Kirchhoff'i selle seaduse selgitamisele, nagu juba nimetasime, võib palju kaasa aidata analoogia (joon. 212). Voolu konstantsus hargnemata vooluringis tuuakse esile katse abil, kasutades kahte-kolme demonstratsioon-ampermeetrit, mis on lülitud vooluringi eri kohtades.

6. Laboratoorne töö. Peale selle, et laboratoorne töö soodustab Kirchhoff'i seaduse selgitamist, on ta oluline õpilaste tegelikuks tutvustamiseks voolu tugevuse (suuruse) mõõtmisega ampermeetri abil.

Peale voolu tugevuse konstantsuse ilmsikstegemist hargnemata vooluringis on vajalik, et õpilased läheneksid uurimise teel järeldusele, et voolu tugevuste (suuruste) summa harudes võrdub voolu tugevusega (suurusega) magistraalis. Väga soovitav on kontrollida ampermeetri näitusid vase eraldumise järgi.

Laboratoorse töö eel tuleb esitada ampermeetri käsitsemise reeglid ja nõuda nende tingimatut täitmist.

7. Kodune töö. Õpilastele antakse lahendada keerukamat tüüpi ülesandeid, kui olid eespool toodud. Ülesannete eesmärgiks on mitte ainult treening voolu tugevuse mõiste omandamiseks, vaid ka tutvumine võimalusega arvutada eraldunud metalli hulka mõnedes elektrolüüsiprotsessides, millel on suur tegelik tähtsus. Niisuguste protsesside hulka kuuluvad: alumiiniumi väljasulatamine, galvanosteegia, vase rafineerimine. Niisuguste protsesside otstarbe kohta antakse juhatus ülesande tingimuses; sellesama kohta peab ütlema ka õpetaja mõne sõna. Elektrokeemilised ekvivalendid tuuakse ülesande tingimuses ilma terminoloogiata, s. o. näpunäite kujul, et vool tugevusega 1 *A* eraldab 1 sek. jooksul nii- ja niisuguse hulga antud metalli.

8. Õppevahendid. Ampermeetri ehituse seletamisel tuleb soovitada kasutada pilti „Voltmeetrite ja ampermeetrite mehhanismid".

9. Klassivälised tööd. Ringis on kasulik valmistada elektromagnetiliste ja termiliste riistade mudeleid ja tundma õppida poolisse tõmbuva südamikuga elektromagnetilise süsteemi kaasaegse mehhanismi ehitust.

Kõige laialdasemad võimalused avanevad tööde korraldamisel metallisoolade elektrolüüsi alal, mida võib alata juba elektri voolu-

ringi esimesel käsitlemisel. Nagu koolide kogemused näitavad, teevad õpilased ringis heameelega vasetamist elektrolüütilisel teel ja sooritavad lihtsamaid töid galvanoplastikas. Viimane on eriti tähtis, kuna see võimaldab õpetajal teatada vene teadlase akadeemiku B. S. Jakobi töödest, kes, nagu teada, on galvanoplastika-menetluse leiutajaks, mida kasutatakse käesoleva ajani mõningates tööstustes, näiteks grammofoni plaatide valmistamisel. Kuigi õpilased kohtuvad Jakobi nimega veel mitmel korral elektri õppimisel (telegraaf, elektrimootor), kuid neid ei või jätta teadistamata selle teadlase töödest galvanoplastika alal.

§ 96. Takistus.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 45, 3 ja 9, 68, 4.

1. **Sisu:** a) Voolu tugevuse muutumine mitmesuguste juhtide lülimisel vooluringi. Juhi takistuse mõiste. b) Juhi takistuse sõltuvus tema pikkusest, ristlõike pindalast ja materjalist. Takistusühik — oom. c) Juhtide takistuse arvutused. d) Reostaadid, nende ülesanne ja ehitus.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Eelnevas teemas tehti kindlaks, et voolu tugevus (suurus) vooluringis võib olla erinev. Seega tekib õpilastel loomulikult küsimus, missugused põhjused tingivad teatava tugevusega voolu kujunemist vooluringis. Üheks selliseks põhjuseks on pinge, mille suurus on sõltuv vooluallikast. Vooluringi seda omadust õpitakse tundma hiljem eri teemana. Kuid pingemõiste kujundamise kergendamiseks tuleb käesoleva teema algul mainida kõige üldisemal kujul pinge (surve) toimet voolu tugevusele (suurusele). Teiseks teguriks, mis mõjub voolu tugevusele, on vooluringi koosseisu kuuluvate juhtide omadus, mida nimetatakse nende takistuseks.

Takistuse mõiste kasutuselevõtmisel on oluline, et õpilased selgitaksid endile, et ta on vooluringi lülitud juhtide või ühtede või teiste vastuvõtjate (lambi, elektromagneti mähise jms.) omadus. Välise vooluringi takistus määrab kindlaks voolu tugevuse temas, kuid ta ei sõltu sugugi vooluallikast ega voolu tugevusest. Sellest tuleb siin rääkida sellepärast, et õpilased, saamata vajalikke selgitusi, sageli vaatlevad takistust kui ühte elektrivoolu omadustest.

3. **Takistuse mõiste.** Juhtide takistuse mõiste võetakse kasutusele katse põhjal. Selleks ühendatakse ühe ja sama vooluallika külge mitmesuguseid juhtmeid ja näidatakse, et vooluringis saadakse erineva tugevusega voolu. Seega tehakse kindlaks, et voolu tugevus vooluringis, mida toidab üks ja sama allikas, on sõltuv juhtmete omadustest. Tuleb näidata katse abil, et iga täiendav juhe, mis on viidud vooluringi, tingimata vähendab voolu tugevust vooluringis ühel või teisel määral. Selle põhjal tehakse järeldus, et juhtmed

nagu avaldaksid takistust elektrivoolule — ühed suuremal, teised vähemal määral. Väga kasulik on kasutada sel juhul analoogiat takistusega, mis tekib torudes neist läbivoolavale veele. Levinud on ka analoogia takistusega gaasi voolule torudes: ühes, mis on täidetud „hernestega", teises — peenemate teradega ja lõpuks kolmandas — vabas.

Pärast juhtide takistuse fakti kindlakstegemist õpitakse eksperimentaalsel teel tundma takistuse sõltuvust juhtide geomeetrilistest mõõdetest ja materjalist. Kasutades riista, mis on kirjeldatud II k., § 45, 9 (joon. 320), tehakse kindlaks takistuse sõltuvus juhtme pikkusest. Ampermeetri näidud lubavad kindlaks teha takistuse võrdelisuse traadi pikkusega. Enne kui vaadelda takistuse sõltuvust ristlõike pindalast, tuleb anda õpilastele viimase definitsioon ja selgitada ta erinevust juhtme jämedusest. Need kaks täiesti erinevat mõistet segatakse harilikult kergesti õpilaste poolt, mis ongi siin ja hiljem vastavate vigade põhjuseks. Erinevuse selgitamiseks jämeduse ja ristlõike vahel tuleb teha joonestis ja anda mõõta pliiatsi jämedust millimeetripaberi abil ja pärast seda ristlõike pindala. Õpetajal endal tuleb alati kasutada oskussõna „ristlõike pindala", mitte aga „ristlõige".

Alles pärast selletaolist ettevalmistust võib üle minna takistuse sõltuvuse kindlakstegemisele ristlõike pindalast. Valides aegsasti juhte ristlõike pindaladega, mis suhtuvad nagu 1 : 2 : 3, võib katse abil kindlaks teha takistuse pöördvõrdelisuse ristlõike pindalaga. Lõpuks, mõõtes voolu tugevust ühesuguse pikkuse ja ühesuguse ristlõike pindalaga, kuid erinevast ainest juhtidel, tuuakse esile takistuse sõltuvus juhi ainest.

Valemi kasutuselevõtmisega fikseeritakse saadud tulemused üleskirjutuse kujul:

Takistus sõltub juhi ainest.

Takistus R on võrdeline juhi pikkusega (l) ja pöördvõrdeline tema ristlõike pindalaga (S).

Eritakistuse mõiste ja vastav valem võetakse kasutusele hiljem, pärast rea treeningülesannete lahendamist. Vastasel korral omandatakse eritakistuse mõiste formaalselt ja kasutatakse valemit arvutustel samuti puhtformaalselt.

4. Takistusühik. Takistusühiku — oomi — kindlakstegemisel teatatakse õpilastele, et takistuse etalooniks võib võtta üldiselt mistahes materjalist juhi. Elavhõbe võetakse sellepärast, et teda võib saada võrdlemisi kergesti puhtal kujul ilma lisanditeta. Ristlõike pindala valitakse 1 mm^2 kui kõige lihtsam. Pikkuse kohta, mis on 106,3 cm, tuleb märkida, et seda küsimust saab selgitada alles hiljem. Oomi defineerimisel tuleb nimetada temperatuuri (0°). Pärast oomi [1] defineerimist näidatakse tema nimetuse kirjapanekut kreeka-

[1] Osutamine sellele, et takistusühik on nimetatud teadlase Ohmi auks, on tarvilik.

keelse tähega omega Ω, kuna reostaatidel ja teistel riistadel võib leida just niisugust tähistamist.

5. Eritakistus. Arvutused. Juhtmete takistuse arvutustega tutvumiseks antakse õpilastele treeningülesandeid umbes sellist tüüpi:

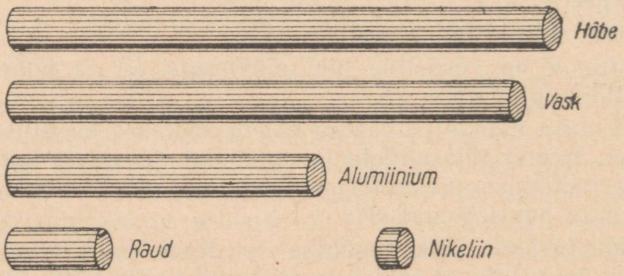
I. Leida raudjuhtme takistus, kui juhtme pikkus on 50 *m*, ristlõike pindala — 6 mm^2 ja 1 *m* raudjuhtme, ristlõike pindalaga 1 mm^2, takistus on 0,1 oomi.

Pärast ühe-kahe sellist tüüpi ülesande lahendamist võetakse kasutusele tabel, mis näitab 1 *m* pikkuse ja 1 mm^2 ristlõike pindalaga mitmesugusest materjalist traatide takistust ning õpilasi harjutatakse kasutama neid tabeli andmeid ülesande tingimuses näidatud juhi materjali põhjal. Alles pärast seda, kui õpilased omandavad takistuse arvutamise tehnika, võib anda eritakistuse (ϱ) definitsiooni ja võtta kasutusele valemi:

$$R = \varrho \frac{l}{S}.$$

Kasutusele võetud eritakistuste tabel tuleb võtta otsekohe uurimisele, peale tema kasutamise oma otseseks eesmärgiks ülesannete lahendamisel. Selle uurimise mõte seisab selles, et seletada õpilastele mitmesuguste materjalide kasutamist elektrijuhtmeteks. Vaske kasutatakse tugevvoolu kanaliseerimiseks (mootorid, valgustus); rauda kasutatakse tema odavuse tõttu nõrga voolu korral (telefon, telegraaf); erisulameid — kroomnikkel, nikeliin jt. — reostaatide, elektriahjude jms. jaoks.

Selleks et tutvuda metallide välistunnustega, tuleb õpilastele anda neist valmistatud traaditükikesi. Väga otstarbekohane on kasu-



Joon. 213. Diagramm, mis näitab ühesuguse ristlõikepindalaga juhtide pikkusi, milledel on ühesugune takistus, kuid mis on valmistatud eri ainetest.

tada diagrammi, millel oleks näidatud ühesuguse takistuse või juhtivusega traatide suhtelised pikkused (joon. 213).

Pärast ühe-kahe sellist tüüpi ülesande lahendamist võetakse pikkuse määramiseks, selleks et saada vajalikku takistust, näiteks sellist tüüpi:

11. Kui suure pikkusega peab võtma nikeliinist juhtme, ristlõike pindalaga 0,5 mm^2, et ta takistus oleks 50 oomi?

Ülesandeid eritakistuse ja juhtme ristlõike pindala määramise kohta vastavate andmete järgi pole mõtet lahendada, kuna nad tekitavad raskusi õpilastele matemaatilisest küljest ega paku erilist huvi füüsika esimeses kontsentris.

6. Reostaadid ja takistuskastid. Reostaati määratellakse kui riista, mida kasutatakse voolu tugevuse muutmiseks (piiramiseks) vooluringis. Vaadeldakse kahte tüüpi reostaatide ehitust: laboratoorset tüüpi libiseva kontaktiga ja ümberlülijaga. Selleks näidatakse neid mitte ainult väliselt, vaid seletatakse ka skemaatilistel joonistustel nende ehitust.

Libiseva kontaktiga reostaadi seletamisel juhitakse õpilaste tähelepanu sellele, et isolatsiooniks juhtme keerdude vahel on neid kattev oksüüdi kiht. Treeninguks on kasulik anda õpilastele joonistada reostaadi libiseva kontakti asend nii, et 1) sisselülituks osutuks kogu takistus; 2) pool või kolmandik osa temast; 3) takistus oleks täielikult välja viidud.

Ühendades ampermeetri ja reostaadi järjestikku elemendiga, tuleb katse abil näidata reostaadi toimet.

Takistuskasti ehitust vaadeldakse ainult juhul, kui seda kasutatakse laboratoorsel tööl.

7. Kodune töö. Peale ülesannete juhtide takistuse arvutamiseks ja etteantud takistuse järgi nende pikkuse leidmiseks, tuleb anda õpilastele mõõta mingi ümmarguse eseme jämedust ja ristlõike pindala ruudulise paberi järgi, selleks et selgitada erinevust jämeduse ja pindala vahel. Samuti on soovitav eritakistuste diagrammi valmistamine nende poolt, mis aitaks meeles pidada mõned neist suurustest (vask — 0,02, raud — 0,1, nikeliin ja teised taolised ained — 0,3—0,4).

8. Laboratoorne töö. Mõnedes õpikutes ja käsiraamatutes soovitatakse korraldada laboratoorne töö: takistuse mõõtmine asendusmeetodiga. See töö seisab: 1) voolu tugevuse mõõtmises vooluringis temasse lülitud antud takistusega ja 2) takistuskasti või poolide sellise takistuse valikus, mille puhul saadakse sama tugevusega vool. Otsitav takistus võrdub siis asendava takistusega. Soovitada sellise töö sooritamist ei saa, kuna tal pole tegelikku tähtsust, on keerukas täitmiseks ja lõpuks viib õpilaste kogenematusel lühiühenduste tekkimisele. Seepärast tuleb laboratoorsele tööle seada tagasihoidlikum ülesanne, mis seisab lambikese, reostaadi ja ampermeetri lülimises vooluringi ning voolu tugevuse muutumise vaatlemises vooluringis reostaadi toimel.

9. Klassivälised tööd. Ringi töös on soovitatav näidata õpilastele, et ka vedelikkudel on takistus, ja seletada vesi- ning lampreostaadi toimet, mis on tegeliku tähtsusega.

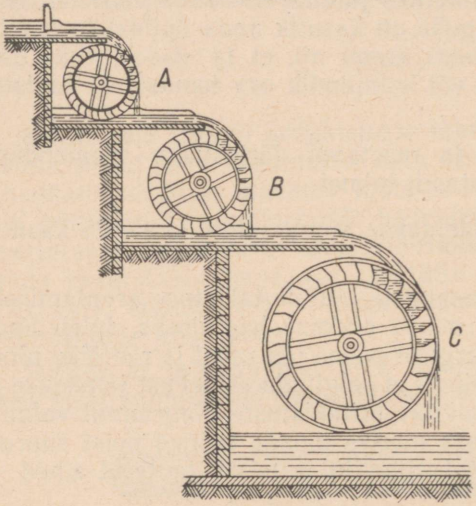
§ 97. Voolu pinge, töö ja võimsus.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 45, 4, 5, 10—13; 68, 4—5.

1. Sisu: a) Elektrivoolu pinge mõiste. b) Pinge ühik — volt. c) Pinge mõõtmine voltmeetriga. d) Voolu töö. e) Voolu võimsus. f) Töö ühikud — vatt-tund, hektovatt-tund, kilovatt-tund.

2. Metoodilisi märkmeid. Nagu juba näitasime § 87, on kõige õigem kasutusele võtta pinge mõistele energeetiline tõlgendus. Ainult sellisel lähenemisel on võimalik luua õpilastes enam-vähem täpne kujutlus pingest.

Huvitava lahenduse sellele metoodilisele ülesandele annab D. I. Sahharov oma õpikus „Физика для школ взрослых" § 144. Autor vaatleb esialgu analoogilist küsimust mehaanikast, nimelt vee, surugaasi või auru abil käimapandava jõumasina töö arvestamist kahe suuruse kaudu: 1) töö kaudu, mida teeb töötava aine iga kilogramm, ja 2) selle aine kilogrammide hulga kaudu, mis on läbinud jõumasina. Niisugune arvestusviis on õpilastele põhimõttelt uudne, sest nad on harjunud määrama mehaanilist tööd jõu ja tee korrutisena.[1] Kuid see töö arvestamise printsiip energia kaudu töötava aine kilogrammi alusel võetakse kasutusele just sellepärast, et ta on aluseks elektrivoolu töö määramise analoogiale. Vaatamata näivale liigsele keerulisusele, mis tekib selletaolise analoogia kasutuselevõtust, lihtsustub küsimus elektrivoolu pingest, tööst ja võimsusest tugevasti tema õigeks mõistmiseks õpilaste poolt.



Joon. 214. Vesirattad, mis arendavad erinevat võimsust.

Mehaanilise töö sellise arvestusviisi mõiste tuleb kasutusele võtta kõige lihtsamatel arvulistel näidetel ja arutlustel. Selliseks lihtsaks ja jõukohaseks näiteks on vee töövõime võrdlemine, mille survekõrgus on ühel juhul 2 *m*, teisel — 3 *m* ja kolmandal — 4 *m*,

[1] On endast mõistetav, et tuleb aegsasti korrata õpilastega mehaanilise töö ja võimsuse mõõtmist, pöörates erilist tähelepanu arvutustele ühikutega džaul ja vatt (§ 82), selleks et pinge õppimise momendiks teadmised selles küsimuses osutuksid küllaldaselt täpseteks.

selgitades käsitlust joonisega paisust kolme vesirattaga *A*, *B* ja *C*, mis on erinevate mõõdetega (joon. 214). Pole raske selgitada õpilastele, et iga kilogramm vett ratastel *A*, *B* ja *C* teeb erinevat tööd, mis võrdub vastavalt 1 *kGm*-, 2 *kGm*- ja 3 *kGm*-ga. Pärast seda selgitatakse, et kui on teada iga kilogrammi vee töövõime, siis on kerge arvutada vesiratta tööd, teades, kui suur vee hulk läbib teda. Nii näiteks, kui rattast *C* voolab läbi 100 *kG* vett, siis töövõime puhul 4 *kGm* on tema poolt tehtav töö $4 \cdot 100 = 400$ *kGm*. Võttes abiks selletaolisi näiteid (näiteks surugaas jms.), selgitatakse õpilastele töö arvestamise niisugust printsiipi ja treenitakse neid, kuni küsimuse olemus saab täielikult selgeks. Mida hoolikam on selline ettevalmistus, seda kergemaks muutub küsimuse käsitlemine elektrivoolu pingest.

3. Pinge mõiste. Selleks et näidata, kuidas valitud metoodilise tee puhul kasutusele võtta pinge mõistet, toome väljavõtteid D. I. Sahharovi õpikust „Физика". [1]

„. . . Sarnaselt sellega (s. o. mehaanilise töö arvestusega, mis on näidatud ülal) tuleb ka elektrivoolu töö arvestamiseks mingis riistas (näiteks lambis) teada kaht arvu: esiteks, kui suurt tööd teeb lambis temast läbivoolava elektri iga kulon. Seda määratakse suuruse abil, mis on sarnane vee survega ja mida nimetatakse p i n g e k s. Teiseks tuleb teada, kui palju elektrit on läbi voolanud lambi niidist.

Siin on vajalik selgitav märkus. Vaatamata arutluste sarnasusele töötavate ainete (õhk, vesi) ja elektri liikumise kohta, ei tule unustada nende nähtuste sügavat erinevust. Elektri liikumine on teistsugune liikumise vorm, mis kvalitatiivselt erineb õhu ja vee liikumisest."

„. . . Võtame taskulambi lambikese ja 25-vatise lambi, mis töötab linna valgustusvõrgu vooluga. Mõõtmised näitavad, et neid läbib peaaegu ühetugevune vool. Millega siis seletada tohutut vahet nende poolt eritatava valguse hulgas?

See sõltub erinevusest pingetes, mille all on lambid. Pinge, mille all on mingi riist, määrab endaga töö, mida teeb temas läbiva elektri iga kulon. [2] Esimene lamp töötab taskulambipatarei vooluga, s. o. madalal pingel. Seejuures iga kulon teeb lambis ainult väheldase töö. Tulemusena saadakse vähe soojust ja valgust. Teine lamp töötab valgustusvõrgu vooluga, s. o. märksa kõrgemal pingel. Siin iga kulon teeb lambis palju suurema töö.

Pinge ühikut nimetatakse v o l d i k s (*V*).

1 volt on niisugune pinge, mille puhul 1 kulon läbivoolanud elektrit teeb tööd 1 džaul. Tähendab, pinge puhul 3,5 *V* (niisuguse pinge all töötab lambike taskulambis) läbivoolanud elektri iga kulon teeb lambis tööd 3,5 džauli. Pinge puhul 120 *V* (Moskva valgustusvõrk) teeb iga kulon lambis tööd 120 džauli."

---

[1] 8. trükk, 1940, lk. 146 ja 147.

[2] Seda suurust nimetatakse ka p o t e n t s i a a l i d e v a h e k s.

Niisugused on arutlused, mis võimaldavad kasutusele võtta pinge mõiste ja tema mõõtühiku — voldi. Näidates, kuidas pannakse kirja voldi (V) ja kilovoldi nimetus, arvutatakse treeninguks ühe kuloni tööd mitmesuguste pingete korral, s. o. lahendatakse mõned ülesanded liigist:

Voolu pinge on x volti. Kui suure töö võib teha sellise pingega y kulonit elektrit?

Korduvate selgitustega, tagasipöördumisega analoogia juurde veevooluga ja treening-arvutustega tuleb saavutada, et pinge mõiste osutuks vahetult seotuks kujutlusega tööst, mida teeb 1 kulon elektrit antud tingimustes. See ülesanne voolu pinge ja töö küsimuses on kõige olulisem ja keerukam. Kui see ülesanne on lahendatud, siis võib kujunenud pinge mõistet lugeda küllalt täpseks ja täielikuks seitsmeklassilise kooli õpilaste jaoks. Pärast seda osutuvad edasised voolu töö ja võimsuse arvutused neile kergeteks ja peaasi — mitte tühisõnalisteks, vaid põhjendatuiks.

Lõpuks tutvustatakse voltmeetri otstarbega ilma tema ehitust seletamata ja näidatakse, kuidas mõõdetakse pinget mitmesugustel vooluallikatel ja riistade klemmidel. Seejuures antakse vastavad skeemid ja kriipsutatakse eriti alla voltmeetri lülimise erinevust ampermeetri lülimisest.

Õpetaja võib lugeda oma ülesande täidetuks, kui ta oma käsitluse tulemusena õpetab õpilasi arutlema umbes nii: „... mõõdan voltmeetriga, selleks et määrata pinget riistal (vooluringi osas) ja sellega teada saada, kui suure töö sooritab üks kulon elektrit, mis läbib riista ..."

4. Vooluallikate pinge. Kasutades voltmeetrit ja demonstreerides vastavaid mõõtmisi, tuleb näidata õpilastele, et pinge galvaani elementidel — kuivelementidel on umbes 1,2 V, Grenet' elemendil umbes 1,8 V ja akumulaatoritel: leelisesel umbes 1,2 V ja happesel umbes 2 V, mitte nõudes nende numbrite täpset meelespidamist. Seejuures selgitatakse pinge suuruse tähendust vooluallikatel, s. o. et pinge vooluallikal näitab, kui suurt tööd võib teha 1 kulon elektrit, läbides kogu välise vooluringi. Edasi, sooritades vastavaid demonstratsioon-mõõtmisi, näidatakse elementide omavahelise ühendamise kaht viisi — paralleel- ning järjestikku-ühendust, ja selgitatakse patarei pinge küsimust niisugustel ühendustel. Suure tähtsusega arusaamiseks selle küsimuse olemusest õpilaste poolt on pumpade analoogia kasutamine (joon. 192). Eriti tuleb alla kriipsutada pooluste ühendamise reeglit paralleel- ja järjestikku-lülitustel ning teha teatavaks, et vigade puhul tekib elementide rikkiminek ja töö lakkamine.

Lõpuks tuleb tutvustada õpilasi mõnede standardpingete suurustega, mis on kasutusele võetud tehnikas (s. o. 6, 12, 120 ja 220 V), ja tuua vastavaid näiteid (autolaternad, kooli kinoaparaat, korterite valgustus).

5. Voolu töö. Voolu töö käsitlemise eel tuleb meenutada õpilastele energia jäävuse seadust ja siirdudes voolu soojuselistele toimetele, osutada sellele, et seejuures elektrienergia muundub täielikult soojusenergiaks (§ **99**, 2 ja 3).

Põhimõttelise tähtsusega on küsimus elektrivoolu mitteühesugusest tööst vooluringi mitmesugustes osades, mis tehakse ilmsiks erineva takistusega juhtmetest aheliku hõõgutamisega. Kuna õpilastel on juba kujutlus juhtide takistusest, siis ei ole raske selgitada, et suurim töö tehakse voolu poolt suurema takistusega vooluringi osas. Seletust võib tugevasti abistada analoogia jalgratturi mitteühesuguse tööga, mida ta teeb teede mitmesugustel — asfalt-, munakivi- ja porisel sillutamata tee osadel. Siit edasi ei tekita, tänu ettevalmistusele mehaanilise töö arvutamises ja pinge määramises, voolu töö arvutamise valemi kasutuselevõtmine raskusi. Õpilasi tuleb viia küsimuse lahendamisele umbes selliste arutluste teel:

1 kulon pinge puhul 1 *V* teeb tööd 1 džauli
1 „ „ „ 5 *V* „ „ 5 džauli
100 kulonit „ „ 5 *V* „ „ $100 \times 5 = 500$ džauli.

Hiljem tuleb nõuda õpilastelt selletaoliste arutluste kordamist, eriti esimeste ülesannete lahendamisel. Pärast mõne harjutuse sooritamist võib teha järelduse:

voolu töö = pinge × elektri hulk

ja võtta kasutusele tähelised sümbolid:

$$A = U \cdot Q.$$

6. Voolu võimsus. Pisut raskusi tekitab voolu võimsuse valemi kasutuselevõtmine, mida defineeritakse kui ühes sekundis tehtavat tööd. Kuid ka sel juhul alustatakse selgitavate arvutustega ja alles pärastpoole antakse üldistus kujul:

voolu võimsus = pinge × voolu tugevus

ehk

$$N = U \cdot I.$$

Võimsusühikuks, nagu seda näitasime § **82**, 4, võetakse

$$1\ W = 1\ \frac{J}{sek}.$$

Voolu töö valemile antakse selline kuju:

voolu töö = pinge × voolu tugevus × aeg

ehk

$$A = U \cdot I \cdot t.$$

Edasi lahendatakse treenimise otstarbel mõned ülesanded võimsuse arvutamiseks.

Peale arvutusliku külje tuleb demonstreerida õpilastele, kuidas saab määrata voolu võimsust ampermeetri ja voltmeetri abil.

7. **Elektrivoolu tööühik — vatt-tund.** Seda ühikut ja temast tuletatud ühikuid (hekto- ja kilovatt-tund) võib kasutusele võtta alles pärast voolu võimsuse küsimuse vaatlemist. Arvutluste abil tuleb näidata kulutatud elektrienergia arvutamise lihtsust neis ühikutes. Vahekorra kindlakstegemine džauli ja vatt-tunni vahel ei ole kohustuslik.

8. **Elektrivooluarvesti.** Elektrivooluarvesti ehitust ei vaadelda, kuid õpilastele tuleb anda kujutlus selle kohta, et tema oluliseks osaks on mehaanilise lugejaga seostatud elektrimootor, mis näitab mootori poolt tehtud tiirude arvu. Nimetatakse ka, et mida tugevam vool läbib mootorit, seda suurem on tema pöörlemiskiirus, ja et lugeja tiirude arv on võrdeline teda läbinud energia hulgaga. Kohtades, mis on varustatud elektrienergiaga, tuleb õpetada õpilasi määrama arvesti näitu.

9. **Ülesanded ja kodused tööd.** Ülesannete põhiliigiks on mitmesuguste elektririistade võimsuse arvutused voolu pinge ja tugevuse järgi (elektripliit, elektriteekann, elektrilamp, elektrimootor jms.) ning voolu tugevuse arvutused võimsuse ja pinge järgi. Elektrimootorite puhul tuleb peale elektrivõimsuse arvutamise võtta kasutusele mehaanilise võimsuse arvutusi kilovattides ja hobujõududes antud kasuteguri järgi. Voolu tööd arvutatakse treeningu otstarbel pinge, voolutugevuse ja aja kaudu — esialgu džaulides ja siis kilovatt-tundides. Oluline on õpetada õpilasi kindlaks määrama elektrienergia kulutusi võimsuse järgi, mida tarbivad elektririistad. On kasulik anda õpilastele ülesandeks jälgida elektrivooluarvesti näite mõne päeva jooksul, kui selline riist on neil korteris olemas.

10. **Laboratoorne töö.** Laboratoorset tööd on soovitav korraldada voltmeetri lülimisviisi omandamiseks ja ka pingete võrdlemiseks õpilaste poolt elementidel, mis on lülitud paralleelselt ja järjestikku. Võib anda ka mõõta pinget lambi klemmidel ning voolu tugevust (suurust) ja siis arvutada tema võimsus.

§ 98. Ohm'i seadus.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 45, 4, 10—13 ja 68, 5.

1. **Sisu:** a) Voolu tugevuse sõltuvus pingest ja takistusest. b) Ohm'i seadus. c) Laboratoorne töö: takistuse ja võimsuse mõõtmine. d) Arvutused Ohm'i seaduse ja võimsuse valemi järgi.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Ohm'i seadust vaadeldakse seitsmeklassilises koolis ainult vooluringi osa kohta; tema laiendamine kogu vooluringile nõuaks tunduvat aega ja peaasi, — osutuks õpilastele keerukaks.

Ohm'i seaduse kasutuselevõtmine katseliste andmete alusel

raskusi ei tekita. Õpilased omandavad harilikult kergesti voolu tugevuse sõltuvuse pingest ja takistusest ning kasutavad seda arvutustel. Ohm'i seaduse kaudsete avalduste, s. o. pinge ja takistuse määramisel teevad õpilased sageli matemaatilist laadi vigu, mida õpetajal tuleb aegsasti silmas pidada.

Ohm'i seaduse tundmaõppimisel on oluline mitte niivõrd arvutuslik külg omaette, kuivõrd selle seaduse rakendamine mitmesuguste konkreetsete füüsika-alaste küsimuste lahendamiseks. Seepärast tuleb pöörata erilist tähelepanu ülesannete sisule, valides selliseid, milledes esitatakse küsimusi konkreetsete objektide ja juhtude kohta, mis on tuttavamad õpilastele või pakuvad neile huvi.

Kui Ohm'i seadust õpitakse enne voolu võimsuse mõiste kasutuselevõtmist, siis pinge ühik (volt) määratakse kindlaks ampri ja oomi kaudu. Kuid ka meie poolt soovitataval pinge defineerimisel voolu töö kaudu tuleb parajal ajal rõhutada, et pinge puhul 1 volt vooluringis takistusega 1 oom püsib voolu tugevus 1 amper, s. o. teiste sõnadega — anda voldi definitsioon ampri ja oomi kaudu.

3. Ohm'i seadus. Juhindudes näpunäidetega, mis on toodud II k., § 45, 10—12 ja joon. 327—329, esitatakse katsete abil voolu tugevuse sõltuvus esialgu pingest ja siis takistusest. Katse ettevalmistamisele tuleb pöörata kõige tõsisemat tähelepanu; tuleb valida vooluallikad ja vooluringi takistused nii, et lugemid voltmeetril ja ampermeetril avalduksid täisarvudes; ühenduses sellega tuleb muuta (suurendada ja vähendada) pinget ja takistust täisarv korda (2 või 3). Esialgu tehakse katse abil kindlaks, et voolu tugevus on võrdeline pingega ja lahendatakse suuliselt mõned treeningülesanded, nagu näiteks sellist tüüpi:

I. Pinge suurenes 6 korda. Kuidas muutus voolu tugevus?

II. Pinge puhul 120 *V* voolu tugevus on 6 *A*. Kui suur voolu tugevus tekib samas vooluringis pingete puhul 240 *V*, 60 *V* ja 12 *V*?

Voolu tugevuse (suuruse) ja pinge vahelise võrdelisuse kindlakstegemisel on väga olulise tähtsusega graafiku valmistamine, mis seob neid suurusi. Graafik valmistatakse katsest saadud konkreetsete arvuliste andmete põhjal. Niisugune graafik võimaldab viia õpilasi suuruste vahelise funktsionaalse sõltuvuse esimeste kujutluste juurde. Sealhulgas tuleb tutvustada õpilasi voolu tugevuse (suuruse) leidmise graafilise viisiga pinge järgi ja hiljem — pinge leidmisega voolu tugevuse (suuruse) järgi.

Ohm'i seaduse sissetoomise teisel etapil tehakse katse abil ilmsiks, et voolu tugevus on pöördvõrdeline takistusega, ja kasutatakse treening-harjutusi, mis on sarnased ülalmainitutega. Vastavate arvuliste andmete põhjal valmistatakse voolu tugevuse (suuruse) takistusest sõltuvuse graafik. Alles pärast seda antakse Ohm'i seaduse sõnastus tema tavalisel kujul ja pannakse sõltuvus kirja esialgu sõnadega:

$$\text{voolu tugevus } (I) = \frac{\text{pinge } (U)}{\text{takistus } (R)}$$

ja siis valemiga:

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

Pärast mõnede treeningülesannete lahendamist voolu tugevuse (suuruse) arvutamiseks antud pinge ja takistuse järgi võetakse kasutusele vahekord $U = I \cdot R$ ja lahendatakse järgmist tüüpi ülesandeid:

III. Kui suurt pinget tuleb rakendada elektrilambikesele, mille takistus on 8 oomi, et teda läbiks tema normaalseks hõõgumiseks vajalik vool tugevusega 0,5 *A*?

Seda tüüpi ülesannete valikul tuleb lihtsustamise mõttes vältida terminit pinge langus ja rääkida pingest antud vooluringi osal (riistal).

Lõpuks lahendatakse mõned ülesanded takistuse määramise kohta valemi järgi $R = \frac{U}{I}$, näiteks kujul:

IV. Kui suur takistus on elektripliidil, kui teda läbib vool tugevusega 5 *A* pinge puhul 120 *V*?

Kasutuselevõetud seose $R = \frac{U}{I}$ kohta tuleb selgitada õpilastele, et takistus on vooluringi juhtmete omadus ega sõltu mingil viisil voolu pingest ja tugevusest. Seepärast väidavad mõned metoodikud, nagu nimetasime seda juba varemalt § 38, 3, et ei saa lugeda vooluringi takistust võrdeliseks pingega ja pöördvõrdeliseks voolu tugevusega. Vaadeldav seos on nende arvates valemiks, mille järgi saab määrata ainult vooluringi takistust pinge ja voolu tugevuse arvuliste andmete põhjal, mis on saadud katseliste mõõtmiste abil.

Kindlakstehtud seost $R = \frac{U}{I}$ kasutatakse ka küsimuse selgitamiseks, mis varem jäi lahtiseks ja mis seisab selles, miks on takistusühik — oom valitud vastavana 106,3 *cm* pikkuse elavhõbedasamba takistusele.

4. Komplitseeritud ülesanded Ohm'i seaduse kohta. Kui õpilased on omandanud arvutamise tehnika Ohm'i seaduse rakendamisel, siis tuleb üle minna ülesannetele, millede lahendamisel tuleb kasutada veel voolu võimsuse valemit. Selliste ülesannete hulka, mis on tegeliku tähtsusega, kuuluvad näiteks sellised:

V. Kui suur on takistus 40-vatisel elektrilambil, mis on ette nähtud pingele 120 *V*?

VI. Kui suur on võimsus elektripliidil takistusega 20 oomi pinge puhul 120 *V*? Mitu meetrit kroomnikkeljuhet ristlõike pindalaga 0,8 mm^2 tuleb võtta tema valmistamiseks?

Ülesanded lahendatakse kasutatavate valemite suhtes eraldi koos vastavate küsimuste seadmisega (§ 39).

Lõpuks, niipalju kui 7. klassi õpilastel on elementaarseid teadmisi algebrast, on väga soovitav viia õpilasi voolu võimsuse aval-

dise tuletamisele voolu tugevuse (suuruse) ja vooluringi osa takistuse kaudu:

$$N = I^2 \cdot R.$$

See valem osutub kasulikuks tema järgnevaks kasutamiseks Joule'i-Lents'i seaduses.

5. **Ajaloolised teatmed.** O h m'i elulugu erilist huvi ei paku, kuid õpilastele tuleb teatada, et sellele silmapaistvale teadlasele kuulub kahe sõltuvuse avastamine: takistuse sõltuvus juhi materjalist ja geomeetrilistest mõõdetest ning voolutugevuse (suuruse) sõltuvus pingest ja takistusest. Peale selle tuleb rõhutada Ohm'i seaduse tähtsust, mis liialduseta on põhimiseks seaduseks elektriõpetuses.

6. **Laboratoorne töö.** Laboratoorses töös tuleb eelkõige tutvustada õpilasi pinge mõõtmisega voltmeetri abil, kui seda ei ole tehtud eelneva teema õppimisel (§ 97, 10). Õpilastele antakse mõõta pingeid ühel, kahel ja kolmel järjestikku ühendatud elemendil. Peale selle, lülides elektrilambile esialgu üks, kaks ja siis kolm elementi, tuleb lasta õpilastel veenduda lampi läbiva voolu tugevuse suurenemises. Lõpuks tuleb neile anda arvutada lambikese võimsust ning takistust pinge ja voolu tugevuse mõõtmise tulemuste põhjal.

7. **Kodused tööd.** Ülesanded koduseks tööks seisavad graafikute joonestamises ja peaasi — arvuliste näidete lahendamises Ohm'i seaduse kohta tema otseses ja kaudses avalduses. Lõpuks antakse ülesandeid Ohm'i seaduse ja võimsuse valemi ühise kasutamise kohta. Ülesannete tingimused valitakse sellistena, et nad oleksid füüsikalist laadi, kuid poleks sugugi ainult arvutusülesanneteks.

§ 99. Elektrienergia muundumine soojusenergiaks.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 46, 1—7 ja 68, 7.

1. **Sisu:** a) Joule'i-Lents'i seadus. b) Laboratoorne töö: voolu abil soojendamisel saadud soojushulga võrdlemine arvutuse järgi oodatavaga. c) Voolu soojuslike toimete kasutamine tehnikas ja igapäevases elus. d) Elektervalgustus; sulavkaitse, elektrilambid. e) Elektrikaar ja selle kasutamine. f) Elektritakistusahjud.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Käesoleva teemaga lõpeb voolu põhimiste seaduste tundmaõppimine ja samal ajal alatakse elektrienergia muundumisega teisteks energia liikideks. Teema koosneb kahest osast. Esimeses osas võetakse kasutusele Joule'i-Lents'i seadus, teises — õpitakse elektrienergia rakendusi valgustamiseks ja soojuse saamiseks. Joule'i-Lents'i seaduse seitsmeklassilise kooli õppeprogrammi sisseviimise mõte seisab mitte ainult selles, et õpetada õpi-

lasi elektrienergiat ümber arvutama soojuseks, vaid peamiselt juba kasutuselevõetud töö ja võimsuse mõiste põhjendamises. See põhjendus ehitatakse elektrivoolu energia soojuseks muundumise katsetele.

On olemas ka teine tee, nimelt: Joule'i-Lents'i seaduse tuletamine voolu töö avaldisest energia jäävuse seaduse põhjal; kuid see tuletamine on jõukohane ainult õpilaste arengu kõrge taseme korral. Arutlused, mida kasutatakse sealjuures, on näiteks järgmised:

Elektrivoolu töö võrdub:

$$A = U \cdot I \cdot t \text{ džauli.}$$

Kui see töö muundub tervikuna soojuseks, siis eraldunud soojushulk võrdub:

$$A = 0{,}24 \cdot U \cdot I \cdot t \text{ cal.}$$

Joule'i-Lents'i seaduse valemi saamiseks tema klassikalisel kujul tuleb Ohm'i seaduse põhjal asendada $U = I \cdot R$ ja saada:

$$Q = 0{,}24 \cdot I^2 \cdot Rt.$$

Joule'i-Lents'i seaduse valemi tuletamise see tee osutub edaspidi kasulikuks füüsika kogu kursuse kordamisel.

Voolu soojuslike toimete tehniliste rakenduste käsitlemine raskusi ei tekita ja äratab harilikult õpilastes tunduvat huvi.

Õpetajal peab olema selge, et käesolev teema on kõige soodsam vene teadlaste ja tehnikute tööde tähtsuse esiletoomiseks. Pole õige, kui ainult mainida vastavate küsimuste käsitlemisel E. H. Lentsi, A. N. Lodõgini, P. N. Jablotškovi ja V. V. Petrovi nime, nagu seda vahel tehakse. Niisugune tee annab paremal juhul puht-formaalseid tulemusi ja õpilased õpivad ära vastavad kohad, kujutlemata endale nende teadlaste tööde tohutut tähtsust, samuti nende omapärast sangarlust võitluses vene teaduse eest kaasaeglaste ükskõiksuse ja tardumusega ning karmide materiaalsete tingimustega. Peale selle tekiks õpilastel siis täiesti väär kujutlus, et Petrovi teene seisab ainult elektrikaare avastamises, Jablotškovi teene — küünla leiutamises, Jablotškovi osa maailma elektrotehnika arengus on kohasem iseloomustada hiljem (§ **103**), küsimuse käsitlemisel elektrienergia edasiandmisest kauge maa taha. Käesolevas teemas aga peab õpetaja kogu tähelepanu olema pööratud ühe silmapaistvama vene teadlase — akadeemiku Vassili Vladimirovitš Petrovi elu (1762—1834) ja töödega tutvustamisele.[1] Tema kõige tähtsamatest avastustest, mis on kirjeldatud raamatus: «Известия о гальвано-вольтовских опытах, которые производил профессор физики Ва-

[1] Vt. Академик В. В. Петров, Сборник под ред. С. А. Вавилова, изд. Акад. наук СССР, М. Л., 1940.

Н. Шостьин, Василий Владимирович Петров, журн. «Электричество» 1944, № 11—12.

силий Петров, посредством огромной наипаче батареи, состоящей иногда из 4 200 медных и цинковых кружков . . .» tuleb iseloomustada õpilastele järgmiste avastuste tähtsust:

1) mõnede vedelikkude lagundamist elektrivoolu poolt;

2) „valgust-kandev aine ehk leek koos soojust-tekitava ainega", s. o. hõrendatud gaasi helendumisega patareist;

3) kaarleegi saamist;

4) kaarleegi kasutamist metallide redutseerimiseks oksüüdidest;

5) metallide keevitamist kaarleegis.

Peale selle on oluline märkida, et Petrov kasutas esmakordselt juhtmete isoleerimist kirjalaki ja vaha abil.

Niisugused on V. V. Petrovi põhimised teened füüsikateadusele ja tehnikale, seepärast loetaksegi teda õigusega tehnika ühe tähtsaima ala — elektrometallurgia rajajaks.

Õpilaste tutvustamist selle suure vene füüsiku elulooga tuleb lugeda kohustuslikuks, seda enam, et jutustades Petrovi elust saab joonistada ereda pildi riigivõimu südametust suhtumisest vene teadlastesse ja osutada sellele lugupidamatusele nende teenetest, mis on iseloomulikud tollele ajale ja üldse tsaarirežiimile.

Akadeemiku E. H. Lents'i kui maailma juhtiva teadlase iseloomustust on metoodilistel kaalutlustel kohasem anda teema „Elektromagnetiline induktsioon" läbivõtmisel (§ 102). Käesolevas teemas aga võib piirduda võrdlemisi lühikeste andmetega teadlasest ühenduses Joule'i-Lents'i seadusega.

Jutustades elektrihõõglambist, tuleb õpetajal mitte ainult mainida A. N. Lodõginit kui niisuguse lambi leiutajat, vaid anda ka pilt leiutise saatusest, tööstusringkondade ja tsaari-Venemaa suhtumisest, mis sundisid seda silmapaistvat inseneri maha jätma kodumaa ja töötama välismaal.

3. Joule'i-Lents'i seadus. Õpilastele on juba näidatud katseid juhtmete soojenemisega voolu abil; neid tuleb aga korrata, juhtides tähelepanu katsetele, mis teevad ilmsiks juhtide soojenemise sõltuvuse esiteks voolu tugevusest ja teiseks nende takistusest. Nii ühte kui teist saab demonstreerida seadme abil, mis koosneb ampermeetrist ja mitmesuguse takistusega juhtmete ahelast.

Õpetaja põhiülesanne Joule'i-Lents'i seaduse kasutuselevõtmisel seisab selles, et täpsemalt (kui seda tehti varem) selgitada õpilastele, et soojuslikud toimed, mis tekivad juhtides, on elektrienergia ja sealjuures kogu energia tervikuna soojuseks muundumise tulemuseks. Seega võib eraldunud soojushulga järgi otsustada nii voolu töö üle elektrivooluringi osas antud aja jooksul kui ka tema võimsuse üle. Küsimuse niisugusel seadmisel saab õpilastele selgeks, et elektrivoolu töö arvestamiseks tuleb mõõta voolu poolt eraldatud soojushulka ja katse abil kindlaks teha ekvivalent elektrivoolu töö

ja soojushulga vahel, mida tehtigi Joule'i ja Lents'i töödega, kes avaldasid otsitava vahekorra seaduse kujul:

$$Q = 0{,}24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t.$$

Samuti tuleb korraldada demonstratsioon vee soojendamisega anumas elektrivooluga spiraali abil ja anda pinge ning voolu tugevuse mõõteriistade lülimise skeem. Korraldada demonstratsioon selleks, et mõõtmiste põhjal läheneda Joule'i-Lents'i seadusele, ei ole soovitatav, sest lugemid termomeetril ei ole õpilastele nähtavad, arvutused on kohmakad, soojendamise aeg aga võrdlemisi pikk. Seepärast on tingimata tarvilik pärast seadme näitamist organiseerida otsekohe vastav laboratoorne töö.

Seaduse sõnastus antakse järgmisel kujul:

Voolu poolt eraldatud soojushulk on võrdeline voolu tugevuse ruuduga ja soojendatava juhi takistusega.

4. Ülesanded. Pärast valemi kasutuselevõtmist lahendatakse ülesandeid soojushulga leidmise kohta, ilma kalorimeetriliste arvutusteta, näiteks järgmist tüüpi:

I. Kui suurt soojushulka eraldab igas sekundis elektripliidi spiraal takistusega 20 oomi ja voolu tugevuse puhul 6 *A*?

II. Kui suurt soojushulka eraldab elektritriikraud 10 min. jooksul, kui pinge on 120 *V* ja voolu tugevus 2,5 *A*?

Edasi tehakse ülesanded keerukamaks kalorimeetriliste arvutustega (vee temperatuuri, keemaajamiseks vajaliku soojendusaja jms. määramine). Lõpuks lahendatakse ülesandeid kasuteguri sissevõtmisega, kusjuures selgitatakse tema tähtsust mitmesuguste majapidamis-soojendusriistade juures (ahi, pliit, teekann). Soovitav on kasutada ka küsimus-ülesandeid, näiteks:

III. Kas muutub voolu poolt eraldatav soojushulk voolu suuna muutmisel?

IV. Miks toaõhu soojendamiseks kasutatava elektriahju kasutegur võrdub 100%-iga, elektriteekannu kasutegur aga loetakse väiksemaks 100%-ist?

V. Miks soovitatakse juhtmete ühenduskohad kokku joota?

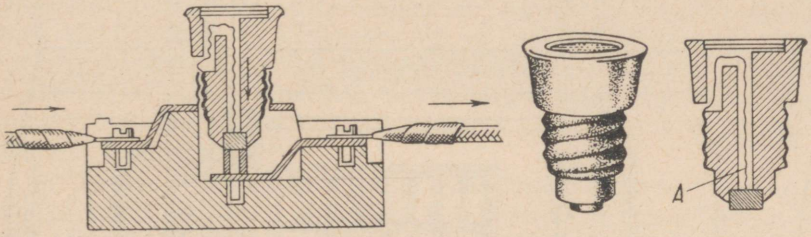
VI. Missugune ühesugusest materjalist ja ühesuguse ristlõikepindalaga juhtmetest hakkab kiiremini hõõguma, kas isoleeritud või paljas juhe?

5. Elektervalgustus. Elektervalgustuse tehnika küsimustest vaadeldakse peamiselt kahte — elektrihõõglampide ehituse ja sulavkaitsmete küsimust. Elektrilampide kohta näidatakse: niidikese materjal ja ehitus, vaakuumi või inertse gaasiga täitmise tähtsus, sokli ja padruni ehitus. On kasulik osutada õhutühjade ja gaasiga täidetud lampide niitide temperatuurid. Siis demonstreeritakse eri tüüpi lampe, alates taskulaterna lambikesest kuni kõige võimsamateni (kinolambid 300—700 *W* ja valgustuslambid 500—1000 *W*), näidatakse ära lampide võimsused ja kõige kasutatavamad pinged

(3,5; 6; 12; 120 ja 220 *V*). Tuleb õpetada õpilasi lugema pealkirju lampidel, nagu näiteks: 120 *V* 40 *W*. Valgusallikate kasuteguri võrdlemiseks on kasulik diagramm (joon. 47, I ja II).

Olles jutustanud hõõglampidest, tuleb kas või lühidaltki käsitella uute valgusallikate küsimust, millede hulka kuuluvad elavhõbeda- ning naatriumlamp ja päevavalguselamp. Ühenduses selle küsimusega tuleb näidata neoonlambi või -toru „põlemist".

Pärast jutustust lampidest vaadeldakse neid tingimusi, millede puhul tekib valgustusvõrgus lühiühendus, ning tutvustatakse sulavkaitsmete otstarbe ja ehitusega (joon. 215). Neist tingimustest



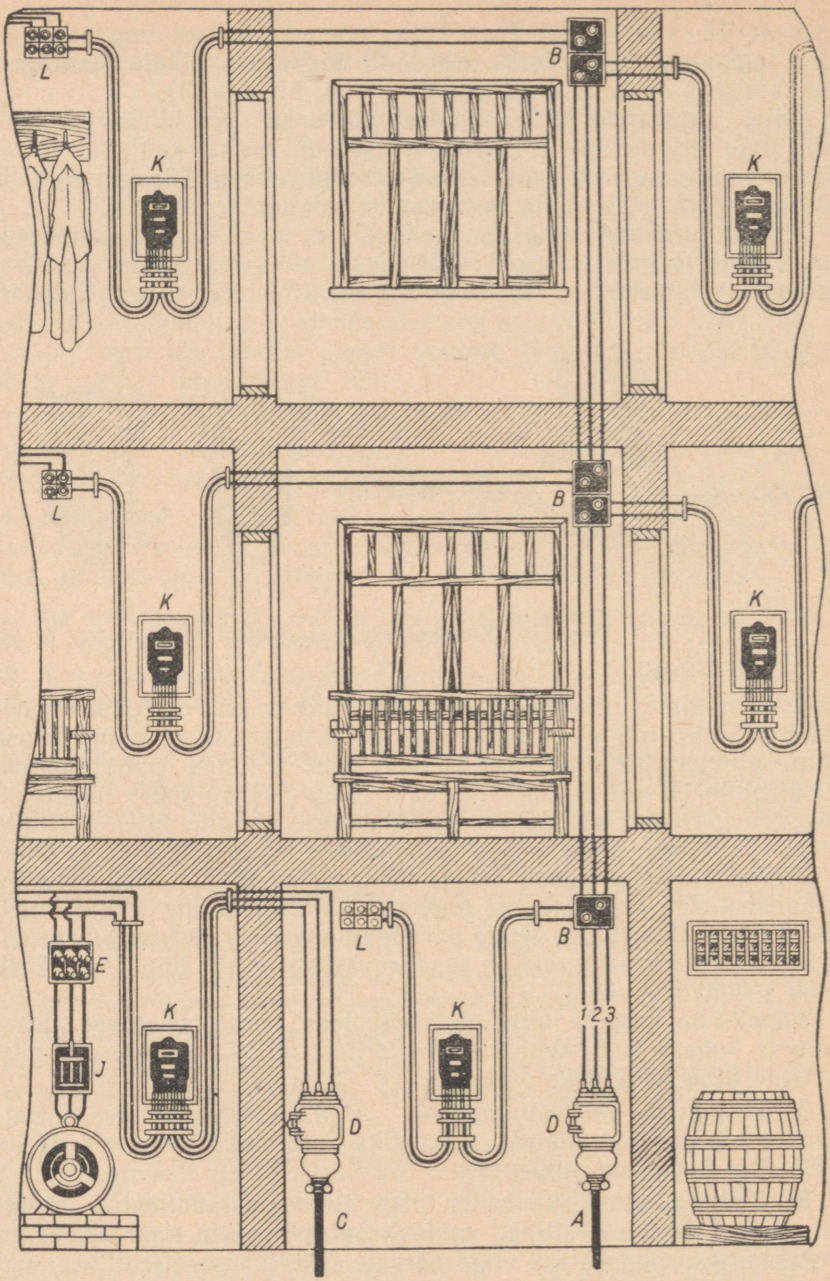
Joon. 215. Kork-sulavkaitsme ehitus.

tuleb mitte ainult informeerida õpilasi, vaid ka real demonstratsioonidel näidata, mil viisil hooletuse või isolatsiooni ebatäiuslikkuse tõttu, pingele mittevastavate riistade jms. lülimise puhul toimub lühiühendus ja milleni see võib viia. Väga tugeva voolu tekkimist, mis viib juhtmete süttimisele lühiühenduse puhul, tuleb seletada arvulise näitega. Pärast seda jutustatakse sulavkaitsmete — riba- ja korkkaitsmete ehitusest (vt. II k., joon. 27 ja 28). On soovitav demonstreerida sulavkaitsme tegevust. Kaitsekorkide kohta tuleb sisendada õpilastele, et nende parandamine omal jõul on lubamatu, et litse-kiu sisseasetamine on seadusevastane ja et läbipõlenud kork tuleb asendada uuega.

Lõpuks on kasulik jutustada voolu teest, alates hoonesse sissetoomise kohast kuni lampideni korterites, milleks on kasulik pilt, sarnane joonisel 216 kujutatuga.

Mitmesuguste valgustusriistade, juhtmete monteerimise kirjeldust ja näpunäiteid katsete metoodika ja tehnika kohta vt. II k., § 67, 2 ja 5 ja joon. 490—495.

6. Elektrikaar. Elektrikaart tuleb iseloomustada mitte ainult kui tugevat valguse allikat, mida kasutatakse kinoaparaatides ja prožektorites, vaid ka kui väga kõrgete temperatuuride allikat, mis teatavatel tingimustel ületavad Päikese pinna temperatuuri. Pole mõtet anda alalisvoolu kaare iseärasuste kirjeldust; võib piirduda süte üldise otstarbe äramärkimisega. Elektrikaarenähtuse ja tema leegis raskeltsulavate ainete (tellise) sulamise demonstreerimiseks



Joon. 216. Elektrivoolu hoonesse sissetoomise skeem ja tema jaotamine kortereid mööda. *A* — kaabli sisendus valgustuseks; *1*, *2*, *3* — magistraal-liin; *B* — magistraali haru kaitsmed; *K* — arvestid; *L* — rühmakaitsmete kilbid; *C* — kaabli sisendus mootori jaoks; *D* — majasse sisenemise kaitsmed; *E* — sulav-ribakaitse; *J* — vinnak-lüliti.

on vajalik projitseerimine ekraanile (vt. II k., § 46, 4 ja 7). Peale selle pole kasuta näidata õpilastele, laskumata üksikasjalisse kirjeldusse, elektrikaare regulaatori ehitust ja siis süüdata see mõneks hetkeks. Elektrikaart peavad õpilased vaatlema tingimata läbi tahmatud või värviliste klaaside.

Pole vajadust vaadelda elektrikaare rakendust tehnilistes elektriahjudes; sellest võib ainult mainida, jutustades V. V. Petrovi elust ja tööst. Palju tähtsam on anda õpilastele kujutlus elekterkeevitusest (Slavjanov) ja, kui võimalik, demonstreerida tema põhimõtet.

7. Takistusahjud. Vaadeldakse majapidamise elektririistade — teekannu ja triikraua kütte-elementide, samuti ka lahtiste spiraalidega elektriahjude — kiirgamisahju ja hariliku elektripliidi ehitust. Selleks, et anda kujutlust tehnikas kasutatavatest eritüüpi elektriahjudest, on kasulik näidata sõeteradega ahju mudeli töötamist. Induktsioonahju ehituse mõiste antakse transformaatori tundmaõppimisel.

8. Tähtsus tehnikas. Voolu soojuslike toimete käsitlemise lõpuks tuleb selgitada õpilastele nende toimete rakendamise tähtsust tehnikas. Eelkõige näidatakse elektervalgustuse eelistele teiste valguste liikidega võrreldes (suhteline ohutus, ökonoomsus, hooldamise ja käsitsemise lihtsus jms.); muuhulgas selgitatakse elektrikaare kasutamise tähtsust prožektorites sõjalisteks otstarveteks. Edasi selgitatakse elektriahjude eelised (ehituse ja temperatuuri muutmise lihtsus, lisandite puudumine ainete sulatamisel jt.). Lõpuks vaadeldakse küsimust elekterkeevitusest, mis põhjustas, nagu teada, pöörde silluste ehitamisel sildadele ning lennukiehituses jne.

9. Näitlikud vahendid. Näitlikest õppevahenditest on huvitavad eelkõige diagrammid: elektrilampide kasutegur (joon. 47), kõrgete temperatuuride skaala, elektriahjude kasuteguri võrdlus teiste ahjutüüpidega. Niisugused diagrammid on aegsasti valmistatavad õpilaste jõul. Õppepiltidest, mis on välja lastud Õppe-Pedagoogilise Kirjastuse poolt, on väga soovitav kasutada pilti — „Электрическое освещение". Tarvilikuks tuleb lugeda kas kinofilmi „Электропечи", diapositiivide demonstreerimist või ka raamatutest vastavate piltide episkoobilist projitseerimist.

10. Ajaloolised teatmed. Ajaloolised teatmed voolu soojuslike toimete käsitlemisel pakuvad huvi mitte ainult ise omaette, vaid ka sellepärast, et võimaldavad näidata vene teadlaste ja leidurite tööde tähtsust sel alal, mille kohta vt. ülalpool jaos 2.

11. Ekskursioon. Seoses elektervalgustuse küsimusega tuleb organiseerida ekskursioon valgustusseadme vaatlemiseks, alates voolu sisenemise kohast hoonesse, ja tutvustada voolu jaotamisega ruumide järgi.[1] Niisugust ekskursiooni võib korraldada koolis

[1] Vt. Горячкин, Как рассчитать и сделать электрическую проводку.

endas, kui temasse on toodud elektrivool. Kasulik on ekskursioon lambitehasesse, sest (peale omandatud teadmiste) õpilastesse jätab tugeva mulje automaatmasinate töö.

12. Klassivälised tööd. Teema võimaldab laialdasi klassivälise id töid. On soovitatav välja anda seinaleht või organiseerida ettekanne teemale, mis on pühendatud V. V. Petrovi, A. N. Lodõgini, P. N. Jablotškovi, N. G. Slavjanovi töödele, mida on eriti kerge teha, kui töötab ring „XVIII ja XIX sajandi vene elektrotehnikud". Elektrotehnika-ringi töös, mis on ette nähtud peamiselt oskuste loomiseks, korraldatakse: elektervalgustuse, sealhulgas kaitsmete ehituse tundmaõppimist, keetjate, ahjude jms. valmistamist või remonti, kontakt-elekterkeevituse, soodalahusega elektriahju jms. demonstreerimist.

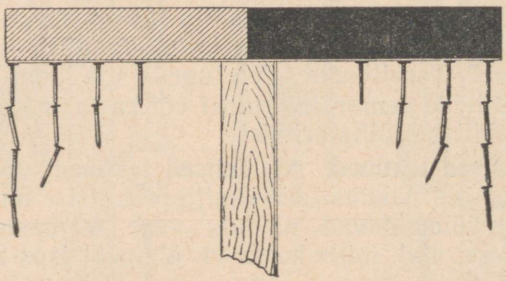
Tunduvat huvi pakub ka küsimus termovoolust ja tema kasutamisest kõrgete ja madalate temperatuuride mõõtmiseks.

§ 100. Magnetism ja elektromagnetism.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 47, 48 ja 69.

1. Sisu: a) Magnetilisi põhinähtusi. Magneti poolused. Magnetnõel. Magneti pooluste vastastikune toime. b) Kompass ja selle kasutamine. Magnetvälja mõiste. Magneti spektrite tüüpilised pildid. c) Laboratoorne töö: magnetilised põhinähtused; magnetspektrid. d) Voolu ja pooli magnetväli. e) Elektromagnet ja tema rakendused: tõste-elektromagnet, telegraaf, elekterkõlisti, elektromagnetilised mõõteriistad.

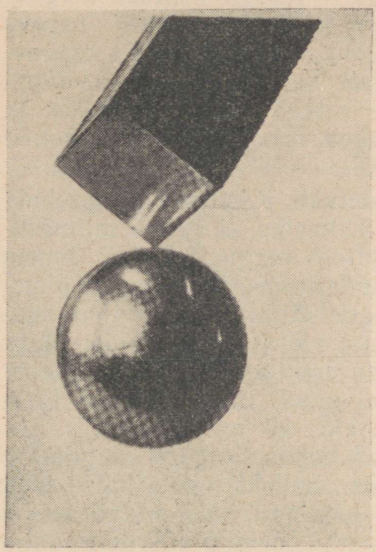
2. Metoodilisi märkmeid. Teema tähtsus seisab elektrivoolu ühe peamisema ja lahutamatu omaduse — tema magnetilise toime



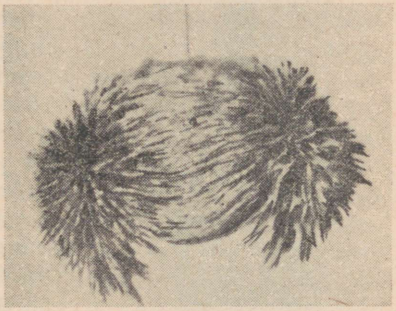
Joon. 217. Magnetismi jaotus (kinnihoitavate naelte arvu järgi võib otsustada magnetjõudude suuruse ja jaotuse üle).

esiletoomises. Magnetilised jõud on need jõud, millede abil pöörlevad elektrimootorite ankrud ja pannakse tegevusse mitmesugused

elektromagnetilised mehhanismid. Elektromagnetismi tundmaõppimine aga on võimatu permanentmagnetite põhiomaduste käsitlemiseta. Peale iseseisva tähtsuse on teema ettevalmistav, sest õpilased peavad saama niisuguseid teadmisi, mis võimaldaksid hiljem tundma õppida juhi liikumist magnetväljas ja elektromagnetilise induktsiooni nähtust. Selle tõttu tuleb: 1) anda õpilastele magnetvälja ja temas jõujoonte asetuse mõiste ja 2) näidata katsete abil magnetvälja olemasolu sirge juhtme ümber. Mehaanika-alaste teadmiste-puudulikkus, mis on vältimatu seitsmeklassilises koolis, samuti



Joon. 218. Erisulamist magnet hoiab oma nurgal kinni autokuulikese.



Joon. 219. Rauaviilmed hoitakse ülal jõujoonte kogu ulatusel.

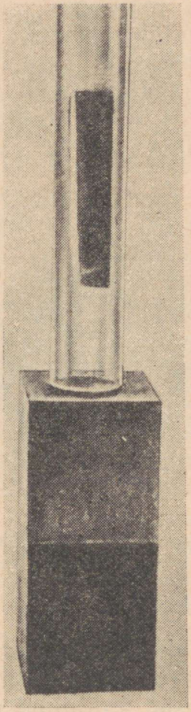
ka õpilaste mitteküllaldane arenemisaste viivad selleni, et küsimus jõujoontest, mis iseloomustavad magnetjõudude suunda, osutub nende arusaamisele väga raskeks. Õpilased kalduvad vaatlema välja jõujooni harilikult kui reaalselt olemasolevaid. Üsna tunduvat nõutust põhjustab õpilastes magnetvälja pilt vooluga sirge juhtme ümber, sest ta ei sobi varemalt kasutuselevõetud kujutlustega poolustest. Permanent-magnetite juures ei vaadelda magnetismi elektrilise olemuse küsimust ega Ampère'i teooriat.

Magnetismi ja elektromagnetismi õpetus ehitatakse katselisele materjalile — õpetaja demonstratsioonidele ja laboratoorsetele töödele, mida organiseeritakse nii klassis kui ka koduste tööde kujul.

3. Magneti poolused ja nende vastastikune toime. Katsete põhjal peavad õpilased saama teadmisi: magnetismi jaotusest magnetis (joon. 217), magneti poolustest, neutraalsest joonest ja pooluste vastastikusest toimest. Seoses magnetismi liikide nimetustega, samuti ka nähtuse tähtsusega üldse, tuleb esitada küsimus maamagnetismist, magnetnõelast ja kompassist, millised teadmised on teataval määral juba tuttavad maateaduse tundidest. Õpilasi tuleb

tutvustada katse abil ka magnetilise induktsiooni nähtustega ja näidata terasesemete magnetiseerimise võtteid.

Demonstratsioonidel on väga soovitav kasutada magneteid uuest erisulamist „mišemiit", millel on hiiglasuur tõmbejõud (joon. 218). Sellise magneti võib näiteks välja võtta kõlbmatuks muutunud dünaamilisest valjuhääldajast. Katsed säärase magnetiga jätavad õpilastesse eriti tugeva mulje. Huvitav on katse, milles magnetiseeritud lati neutraaljoonele asetatud teraskuulike veereb alla otsa juurde, ja teised nähtused, mis on näidatud joonistel 218—220.



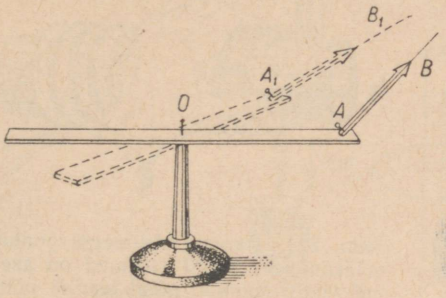
Joon. 220. Väheldane magnet, mis on pööratud oma samanimelise poolusega teise suurema magneti poole, ripub õhus (klaastoru ei luba väikesel magnetil kukkuda küljele).

4. Magnetväli. Käsitluse algul tehakse katse abil ilmsiks, et ruumi mitmesugustes punktides magneti ümber ilmneb magnetjõudude toime. Seda ruumi nimetatakse magnetväljaks. Magnetjõu suuruse küsimust väljas ei vaadelda. Magnetjõu suuna selgitamisele võib läheneda järgmisel viisil. Eelkõige tuleb tõestada õpilastele, et magnetnõel väljas asetub antud kohas ilmneva magnetjõu mõju suunas. Selleks tuleb katse abil näidata, et joonlaud, mis on võimeline sarnaselt magnetnõelaga pöörduma telje ümber tema ühe otsa külge seotud nööri *B* pinguletõmbamisel, pöördub ja võtab asendi nöörile mõjuva jõu *A* suunas (joon. 221). Alles pärast niisugust ettevalmistust võib selgitada õpilastele jõudude suuna uurimise võimalust väljas magnetnõelte abil. Olles demonstreerinud mõnede magnetnõelte asetust, mis on meelega paigutatud ühte-kahte tüüpilist jõujoont mööda, võetakse kasutusele mõiste jõujoontest kui joontest, mis näitavad magnetjõudude mõju suunda.

Jõujoonte suunda tähistatakse leppeliselt, oletades, et nad väljuvad magneti põhjapoolusest ja sisenevad tema lõunapoolusesse. Edasi seatakse jõudude mõju suuna selgitamise küsimus kogu magnetväljas tervikuna, ja õpilastel ei ole raske aru saada, et selle küsimuse lahendamiseks tuleb kasutada suurt hulka võimalikult väikese mõõtega magnetnõelu.

Pärast seda näidatakse, et induktsiooni tõttu väljas magnetiseerunud rauaviilmed, samuti nagu magnetnõelad, on kasutatavad välja pildi selgitamiseks. Alles pärast seda esitatakse mõte kasutada väikesi rauatükikesi välja pildi vaatlemiseks (joon. 219) ja

tehakse katseid magnetspektrite saamiseks rauaviilmete abil. Kõige tähtsam on sirge ja U-kujulise magnetspektrite saamine. Seejuures on väga oluline juhtida õpilaste tähelepanu sellele, et jõujooni U-kujulise magneti pooluste vahel võib suurema veata kujutada paralleelsete sirgjoontena (homogeenne väli), mis on tähtis järgnevate teemade õppimiseks.



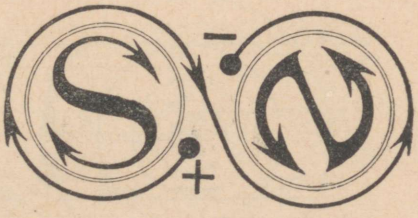
Joon. 221. Katse, mis näitab, et telje ümber pöörduv joonlaud asetub tema otsale mõjuva jõu suunas.

Spektreid kahe magneti samanimeliste ja isenimeliste pooluste vahel näidatakse, kuid pooluste vastastikuse mõju seletusi spektrite põhjal ei anta.

Õpilastele tuleb näidata, kuidas joonistada magnetjõujooni.

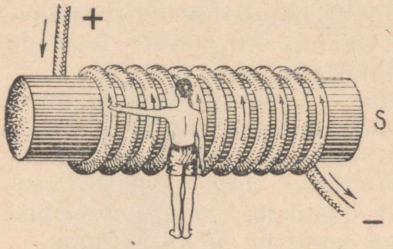
5. Laboratoorne töö. Tuleb tungivalt soovitada laboratoorse töö sooritamist, mis seisab põhikatsete kordamises, sealhulgas ka õpetaja poolt näidatud magnetspektrite saamises. Niisugune töö soodustab tundmaõpitu paremat arusaamist ja ka täheldatavate faktide meelespidamist. Aja säästmise otstarbel on täiesti võimalik lasta teha katsed kodus, jaotades igale õpilasele magneti ja väikese hulga rauaviilmeid. Tuleb kätte õpetada ka kompassi õige kasutamine.

6. Elektromagnetism. Seitsmeklassilises koolis pole vajadust pooli magnetvälja õppimisel lähtuda tavalisel teel sirgvoolu ja siis juhtme keeru magnetvälja vaatlemisest; niisugune tee oleks liiga pikk ja peaasi — keerukas. On täiesti võimalik alata käsitlemist katsega selle ilmsikstegemisest, et pooli sees ja ümber on olemas magnetväli, mis on sarnane sirge magneti väljaga. Edasi tuleb osutada pooluste olemasolule elektromagnetil; näidata nende sõltuvust voolu suunast ja võtta tarvitusele pooluste nimetuste määramise reegel. Mnemooniliste reeglite hulgast väärib suurimat tähelepanu tähtede-reegel (joon. 222) kui kõige kergemini meeldejääv. On võimalik kasutada ka „ujuva inimese" reeglit (joon. 223); parema-käe-reeglit ei saa soovitada (joon. 224) segaduse vältimiseks edasise parema-käe-reegliga induktsioonvoolu suuna määramisel.

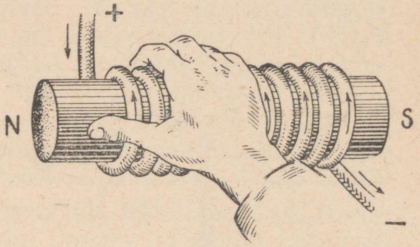


Joon. 222. Tähtede-reegel magneti pooluste määramiseks poolidel.

Katse abil tuleb esile tuua ka raudsüdamiku tähtsus elektromagnetil ja tutvustada õpilasi sirge ja U-kujulise elektromagneti ehituse ja töötamisega. Demonstreerides elektromagnetit tõstekraanalt tuleb kasutada pooluste asetuse seletamiseks temas kahte-



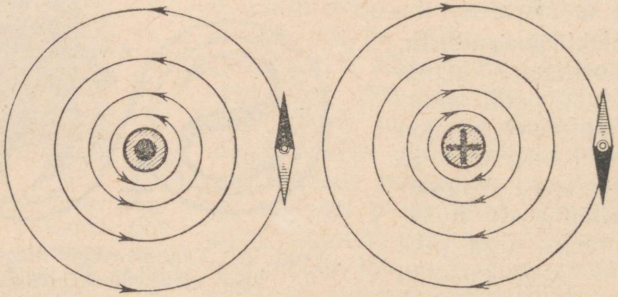
Joon. 223. Ujuja-reegel pooluste määramiseks poolil (põhjapoolus on vasakul).



Joon. 224. Parema-käe-reegel pooluste määramiseks poolil (sõrmed on asetatud voolu suunas; põial osutab põhjapoolusele).

kolme U-kujulist magnetit, pannes nad samanimeliste poolustega ristina kokku.

Nagu osutasime, tuleb magnetväljas juhi liikumise järgnevaks õppimiseks tutvustada õpilasi sellega, et sirge juhi ümber, mida läbib vool, tuleb ilmsiks magnetväli (joon. 225). Küsimus selle



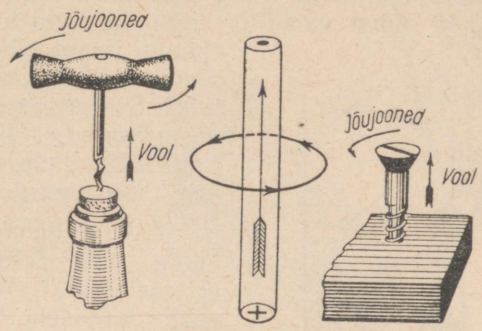
Joon. 225. Jõujoonte asetus sirgvoolu ümber.

kohta seatakse nagu seletuseks pooli magnetilistele toimetele. Voolu magnetilise toime demonstreerimine toimub Örsted'i katse või magnetnõelte rühma abil, mis asetsevad vertikaalse juhi kõrval. Seejuures on tähtis, et õpilased veenduksid, et magnetvälja jõujoonte suund sõltub voolu suunast. Tuleb ka anda korgivinna- või kruvireegel (joon. 226).

Metoodiliselt ei ole muidugi võimatu alata elektromagnetismi käsitlemist magnetiliste toimete ilmsikstegemisest juhi ümber sel-

leks, et siis vahetult üle minna pooli magnetvälja tundmaõppimisele.

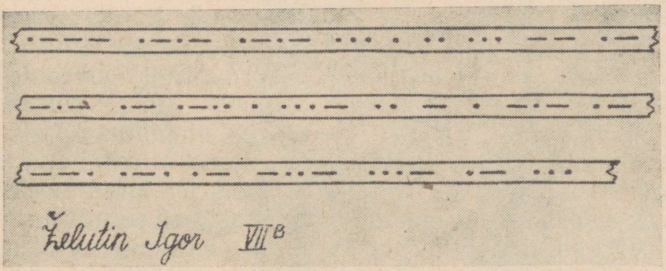
7. Elektromagnetite kasutamine. Kooskõlas näpunäidetega II k., § 48, 3 ja 7, demonstreeritakse ja õpitakse tundma raua tõstmiseks kasutatavat elektromagnetit, elekterkõlistit ja telegraafi. Tutvumiseks Morse tähestikuga soovitatakse teha õpilastele üles-



Joon. 226. Korgivinna- ja kruvi-reegel.

andeks üles kirjutada märkide abil oma nimi, isanimi ja perekonnanimi (joon. 227).

8. Ajaloolised teatmed. Mõnede ajalooliste lisapalade paratamatust põhjustab eelkõige vajadus informeerida õpilasi magnetismi nähtuse avastamisest looduslikes tingimustes ja nimetuse

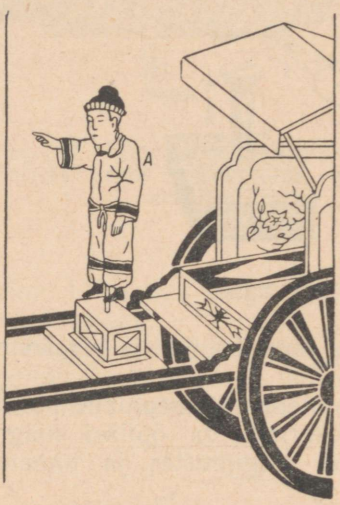


Joon. 227. Õpilase üleskirjutis Morse märkide abil.

„magnetism" päritolust. Peale selle tuleb, seoses kompassi küsimusega, teatavaks teha nii kompassi kasutamine kauges minevikus Idas (joon. 228) kui ka tema kasutamise aja algus Euroopas.

Just seoses telegraafi käsitlemisega on kerge selgitada õpilastele vene teadlaste poolt elektriside valdkonnas tehtud tööde suurt tähtsust maailma teadusele ja tehnikale. P. L. Šilling on esimese tegelikult kasutatava elektritelegraafi leiutajaks. Telegraafi ehituse ja tema juhtimise lihtsus oli niivõrd ilmne, et leiutisega läks

korda huvitada tsaari, kes määras erikomitee telegraafiliini ehitamise võimaluse selgitamiseks Peterburi ja Kroonlinna vahel. Šillingi teene seisab mitte ainult telegraafi-aparaadi leiutamises, vaid ka juhtmete isoleerimiseks tõrvatud kanepi kasutamises, mille tõttu võis niisugused juhtmed asetada vee alla, mida näitasidki katsed veealusel joonel Admiraliteedi ja Mereministeeriumi vahel. Veel enam — liini rajamiseks maad mööda soovitas Šilling esimesena „püstitada puust vaiad ja riputada nendele täiesti isoleerimata traat, isoleerides teda ainult postidele riputamise punktides. See ettepanek näis niivõrd absurdsena, et komitee liikmed vastasid sellele üksmeelse homeerilise naerulaginaga." [1]



Joon. 228. Jaapani vanaaegse magnetiga sõiduki kujutis. Teravikule asetatud kuju *A* näitab käega lõunasse.

1834. a. demonstreeris Šilling oma leiutist välismaal (Heidelbergis). See sai teatavaks inglasele Cooke'ile, kes täiustas ja rakendas Šillingi leiutist omaenda leiutisena inglise raudteedel. Šillingi surma aga 1837. a. ei võimaldanud teostada Peterburi telegraafiside projekti Kroonlinnaga. Šillingi tööd jätkas ja rakendas tegelikkusse Venemaal üks silmapaistvamaid vene teadlasi — akadeemik B. S. Jakobi. See teadlane ehitas 1839. a. esimese telegraafiliini Talvepalee ja Merestaabi vahel. On märkimisväärne, et juhtmed, mis olid isoleeritud kummiga ja asetatud klaastorudesse, olid pandud maa alla. Peale selle kasutas Jakobi tema poolt leiutatud telegraafiaparaate, mis esmakordselt maailmas kirjutasid edasiantu paberilindile siksakkide kujul. Edaspidi täiustas Jakobi telegraafiaparaati nii, et nõel vastuvõtuseadmes näitas edasiantavaid tähti. Jakobi poolt ehitati telegraafiliin Peterburi ja Tsarskoje-Seloo vahel.

Samuti on iseloomulik, et Jakobi kasutas ühes oma aparaatidest voolu keemilist toimet lindile, mis oli immutatud KJ lahuse ja tärklisega, mis võimaldaski tal üles märkida signaale punktide ja kriipsude abil ilma elektromagnetit kasutamata. Seda põhimõtet kasutasid hiljem välismaa teadlased (Caselli jt.), kes hakkasid juhtmeid mööda edasi andma käsikirjalist teksti ja jooniseid.

---

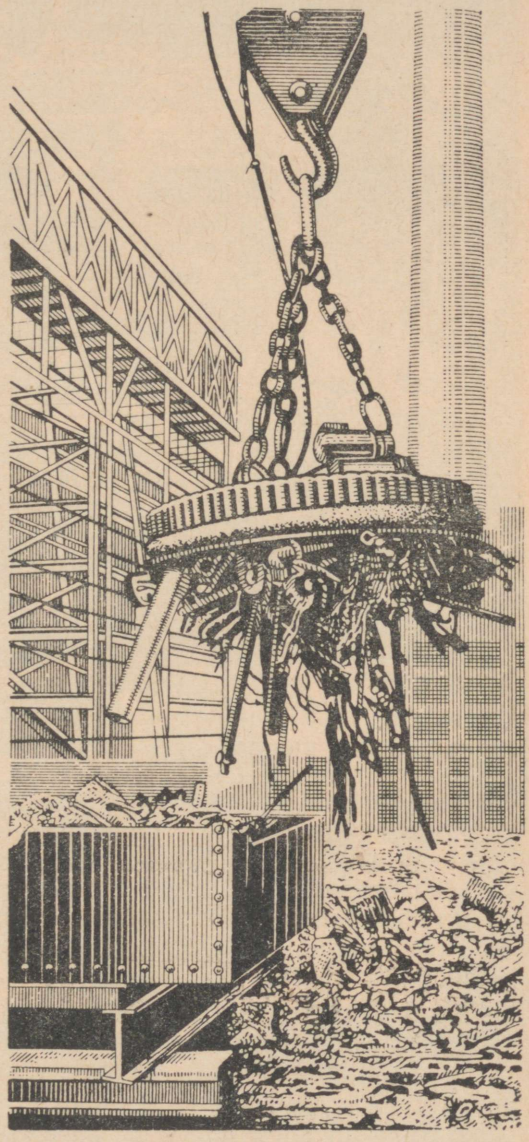
[1] «История телеграфа в России», журнал «Электричество», 1881 г., стр. 209.

Kui Šilling ja Jakobi olid pioneerideks traadiga telegraafiside alal, siis prof. A. S. Popov oli pioneeriks ka traadita side alal. Sellest tuleb informeerida õpilasi tunnis ja veel parem — pühendada eriline klassiväline üritus Šillingi, Jakobi ja Popovi tööde iseloomustamisele.

9. Õppevahendid. Seoses elektromagnetite kasutamise küsimusega on soovitav demonstreerida diapositiive või projitseerida episkoobi abil jooniseid raamatutest: magnetilise kraana töö (joon. 229), Morse telegraafi seade jt.

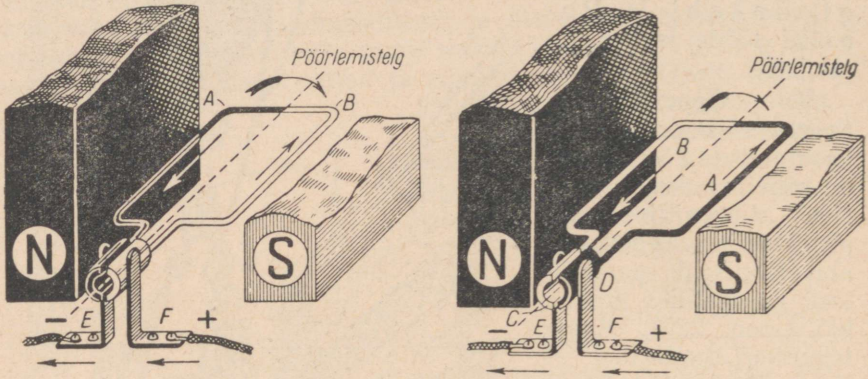
10. Ülesanded. Magnetismi ja elektromagnetismi küsimuses ei saa seitsmeklassilises koolis kasutada arvutusülesandeid; küsimus-ülesanded aga ei ole arvukad. Seepärast tuleb õpilaste kodust tööd kasutada ülesanneteks Ohm'i ja Joule'i-Lents'i seaduste ja voolu võimsuse ning töö arvutamise kohta — varem tundmaõpitud materjali parema kinnistamise eesmärgil.

11. Klassivälised tööd. Teema annab häid võimalusi ringi töödeks. Magnetismi alalt võib õpilastele anda teha katseid magneti jaotamisega osadeks ja nende koostamist osadest. Elektromagnetismi alalt on võimalik korraldada töid: magnetiseerimine voolu abil, elektromagneti, telegraafi mudeli ja elektromagneti abil töötavate mitmesuguste mudelite valmistamine.



Joon. 229. Elektromagnet tehases „Серп и молот".

Väga soovitav on vaadelda õpilastega telefoni ehitust. On kasulik organiseerida ka seinalehe väljaandmist telegraafi ajaloo teemal või õpilaste referaate samal teemal koos vastavate demonstratsioonidega, nagu seda nimetasime ülalpool jaos 8.



Joon. 230-I. Kommutaatoriga kontuuri joonised, mis seletavad elektrimootori töötamise põhimõtet.

§ 101. Elektrienergia muundumine mehaaniliseks energiaks.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ **49** ja **69**, 6.

1. Sisu: a) Juhi liikumine magnetväljas. Liikumise suuna seos voolu ja magneti jõujoonte suundadega. Vasaku-käe-reegel. b) Vooluga raamike magnetväljas. Tema pöörded. Neutraalne asend. Deprez-d'Arsonval'i elektrimõõteriistade ehituse põhimõte. c) Raami pideva pöörlemise saamine magnetväljas. Kollektor. d) Elektrimootori ehituse mõiste. Voolu tugevuse ja tarvitatava võimsuse sõltuvus mehaanilisest koormusest. e) Laboratoorne töö: lihtsaima elektrimootori kokkumonteerimine ja tema käimapanek. Ankru ühendamine väljamagnetiga. Pöörete arvu muutmine ja käigu ümberpööramine. f) Elektrimootorite kasutamine tehnikas ja sõjaasjanduses.

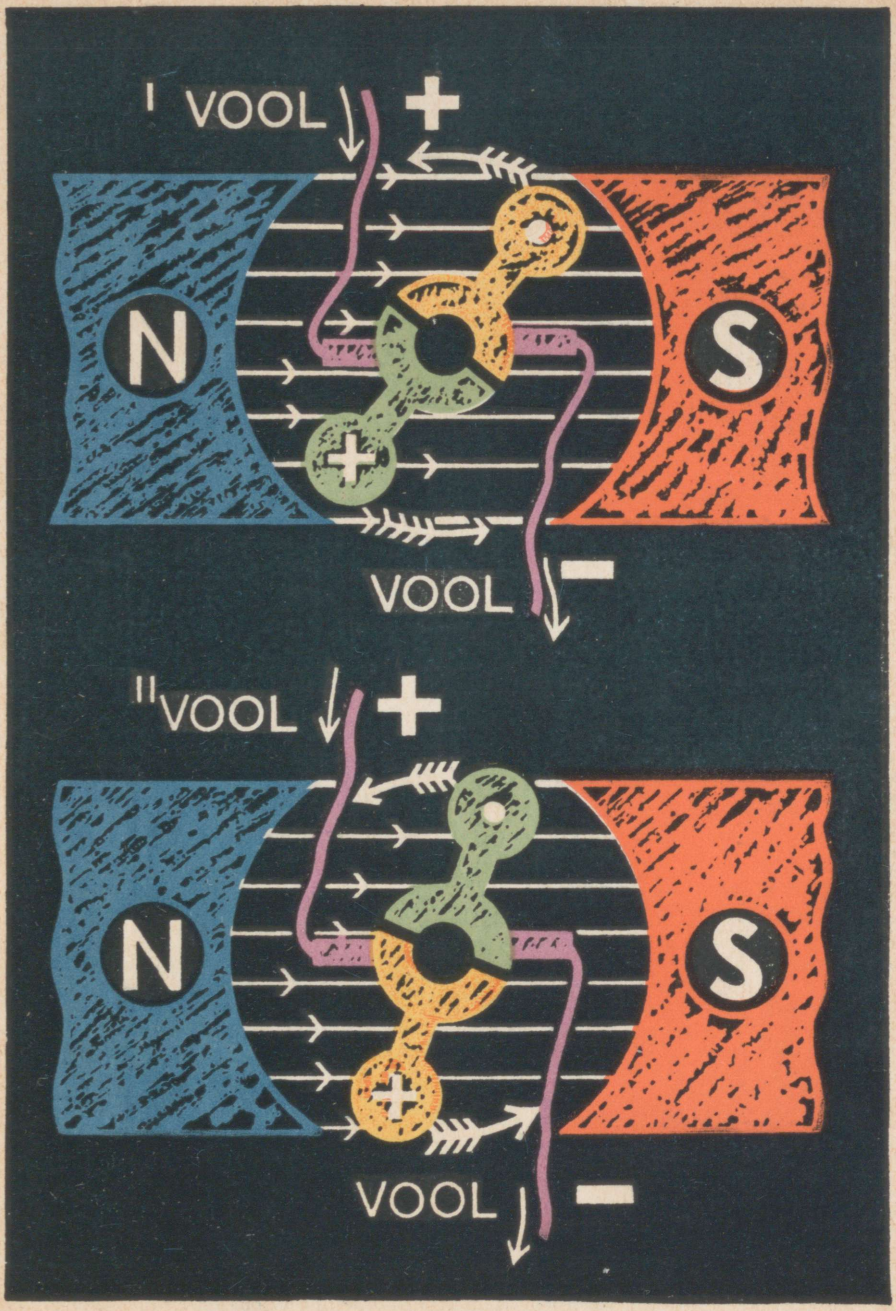
2. Metoodilisi märkmeid. Käesoleva teema õppimise algul esitatakse küsimusi eelnevaga seostamiseks järgmises järjestuses:

1) mõjutades ühe magnetiga või elektromagnetiga teist, võib saada viimase mehaanilist nihkumist;

2) selle liikumise põhjuseks on ühe magnetvälja mõju teisele;

3) kuna vooluga juhi ümber on olemas magnetväli, siis magnet peab mõjutama niisugust juhti.

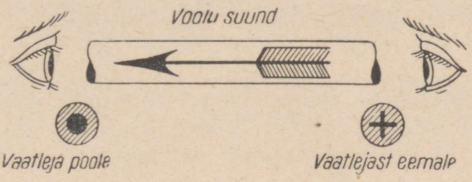
Käesoleva teema õppimisel piirduvad eesmärgid peamiselt järgmistega: 1) tutvumine lihtsaima elektrimootori kui riista ehituse ja



Joon. 230. II. Värviliste kriitide kasutamine kommutaatori töötamise seletamisel elektrimootoris.

töötamise printsiibiga, mida kasutatakse elektrienergia muundamiseks mehaaniliseks energiaks, ja 2) tüüpilistel näidetel elektrimootorite rakendamise, samuti ka selle rakendamise tähtsuse selgitamine tehnikas.

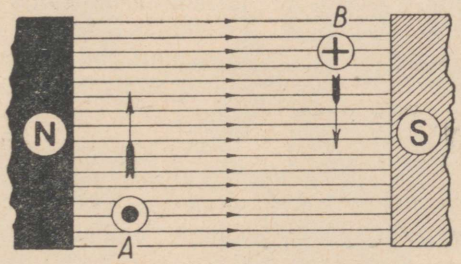
Teema valmistab tunduvaid raskusi õpilastele nii arusaamiseks kui ka tema mälus fikseerimiseks järgmistel põhjustel:



Joon. 231. Voolu suuna leppetähised.

1) Õpilased puutuvad esmakordselt kokku nähtustega, milledes seostuvad kolme suuruse (väli, vool ja mehaaniline liikumine) suunad, mis nõuab neilt ruumilisi kujutlusi kolme täisnurkse koordinaadi süsteemis.

2) Graafilised kujutused, millede abil saab nähtusi seletada (sirge juhtme, seda enam aga raami liikumine, kommutaatori töötamine), nõuavad üsna keerulisi konstruktsioone kaldprojektsioonis



Joon. 232. Skeem vooluga juhtme liikumise suuna selgitamiseks magnetväljas.

(joon. 230-I), mis on tehniliselt ebajõukohased mitte ainult õpilastele, vaid teinekord ka õpetajale endale.

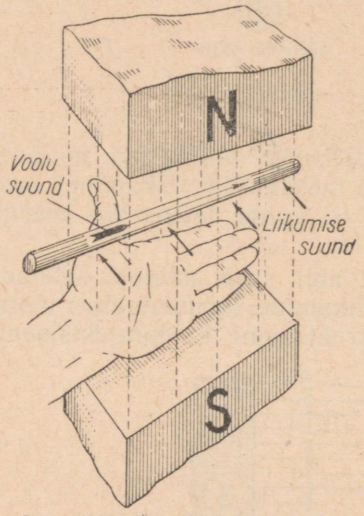
Käsiteldava küsimuse jõukohasuse tagamiseks tuleb:

1) laialt kasutada peale katse näitlikke õppevahendeid — pilte ja raamikese ning kommutaatoriga kontuuri mudeleid, mis selgitavad nende ehitust;

2) lihtsustada graafilisi vahendeid, milleks tuleb abiks võtta juhtme ja raamikese leppekujutamist nende ristlõigete kujul ja voolu suundade tähistamist leppemärkide — risti ja punktiga (joon. 231). Samasuguseid leppetähiseid kasutatakse kommutaatori tegevuse seletamisel (joon. 230-II).

Teema metoodilise keerulisuse tõttu tuleb õpetajal tundideks ettevalmistumisel pöörata erilist tähelepanu klassitahvlijooniste skitside koostamisele ja samuti katse, näitlike õppevahendite demonstreerimiste ja tahvlil joonistamise vaheldumise hoolikale valikule. Tunduvat lihtsustamist seletustel saadakse värviliste kriitidega joonistamisel (joon. 230-II).

Teema jaotatakse neljaks põhiküsimuseks, vastavalt punktidele *a*, *b*, *c* ja *d*, mis on näidatud käesoleva paragrahvi jaos 1. Iga järgneva küsimuse õppimine on võimalik alles pärast eelnevas käsiteldu täpset arusaamist ja meelespidamist õpilaste poolt. Mootorite tehnikas rakendamise vaatlemine aga ei tekita raskusi sel tingimusel, et kasutatakse pilte, diapositiive või kinofilme. Laboratoorne töö korraldatakse mitte niipalju õpilastel vastavate polütehniliste oskuste loomiseks, kuipalju mootori ehituse lõplikuks selgitamiseks ja peaasi — tema juhtimise tundmaõppimiseks.



Joon. 233. Vasaku-käe-reegel.

3. Juhi liikumine magnetväljas. Õpilaste küsitlemisel eelneva osa kohta ja õpetaja järgneval järeldamisel esitatakse küsimused kooskõlas käesoleva paragrahvi 2. jaos näidatud plaaniga, mis on teema õppimisel vajalikuks sissejuhatuseks.

Vooluga juhi liikumise tundmaõppimine magnetväljas algab demonstratsioonist riista abil, mis koosneb U-kujulise magneti pooluste vahele riputatud juhtmest. Väga suure tähtsusega on sel juhul värvitud poolustega magneti kasutamine. Samuti on kasulik kinnitada juhtmele voolu suunda näitav nool. Katse abil tehakse esialgu ilmsiks liikumise kaks võimalikku juhtu magnetvälja muutumatu asendi korral, mis fikseeritakse vastaval joonestisel (joon. 232). Seejuures tuleb meenutada, või kui see pole teada õpilastele, siis tutvustada neid juhi ristlõike ja temas voolu suuna leppetähistega (joon. 231).

Selle järel korratakse katset, muutes välja jõujoonte suuna vastupidiseks ja fikseeritakse tulemused joonestisel, mis on sarnane joonisega 232, või mis on lihtsam, — kasutatakse joonist ennast, pannes ette õpilastel pöörata nende joonist vihikus 180° võrra („pea peale").

Vaatlustel on väga tähtis juhtida õpilaste tähelepanu sellele, et vooluga juhe püüab liikuda risti välja jõujoontega, mitte aga piki neid.



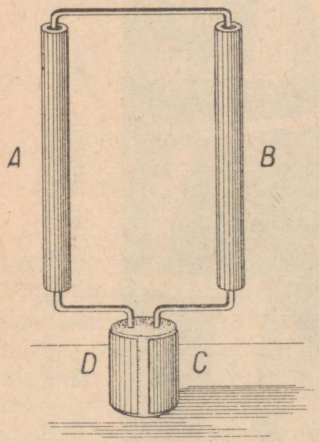
Joon. 234. Õpilaste harjutamine klassis vasaku-käe-reegli tarvitamises. Seinal ripub plakat tähe S kujutisega, mis näitab, et see sein vastab lõunapoolusele.

Katseliste vaatluste kõrvutamine viib järeldusele seose olemasolust juhi liikumise ja voolu ning välja suundade vahel. Korrates katseid, selgitatakse seda seost joonestiste abil (joon. 232) ja siis võetakse kasutusele vasaku käe mnemooniline reegel (joon. 233) (kuid mitte kolme-sõrme-reegel kui õpilastele keerukam). Võttes kasutusele reegli, tuleb eelkõige saavutada, et õpilased:

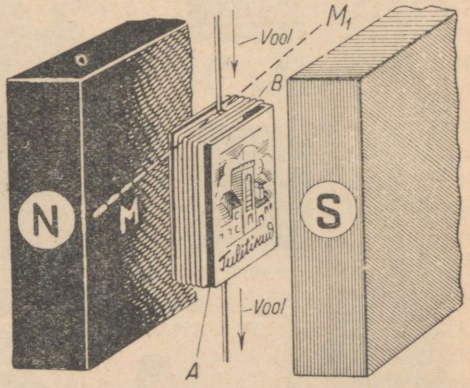
1) kasutaksid just vasakut, mitte aga paremat kätt; 2) hoiaksid peopesa sirgeksaetuna ja pöidla kõrvaleviiduna; 3) seaksid esialgu peopesa välja järgi ja alles pärast seda seaksid sõrmed voolu suunas, mitte muutes peopesa asendit. Seejuures tuleb jälgida, et see seadmine ei viiks keha ebavajalikele ning veidralt keerukatele painutustele ja käe väänamistele, mida sageli võib tähele panna praktikas. Kutsudes õpilasi tahvli juurde, tuleb neid treenida põhjalikult reegli kasutamises, nii joonestise kui ka riista suhtes. Seejuures on vajalik, et kõik klassi õpilased praktiseeriksid ka oma käte vastavat seadmist (joon. 234).

Juhi liikumist seletatakse kui magneti ja voolu magnetväljade vastastikuse mõju tulemust, kuid ilma jõujoonte kujutamiseta voolu ümber.

4. Raamikese pöörded magnetväljas. Nagu osutasime, tuleb esialgu selgeks õppida raami pöördumiste küsimus magnetväljas ja



Joon. 235. Omavalmistatud raamikese mudel, mis on tehtud traadist temale peale tõmmatud torudega *A* ja *B* ning puitsilindrist, millele on kleebitud värvilisest paberist lehekesed *C* ja *D*.

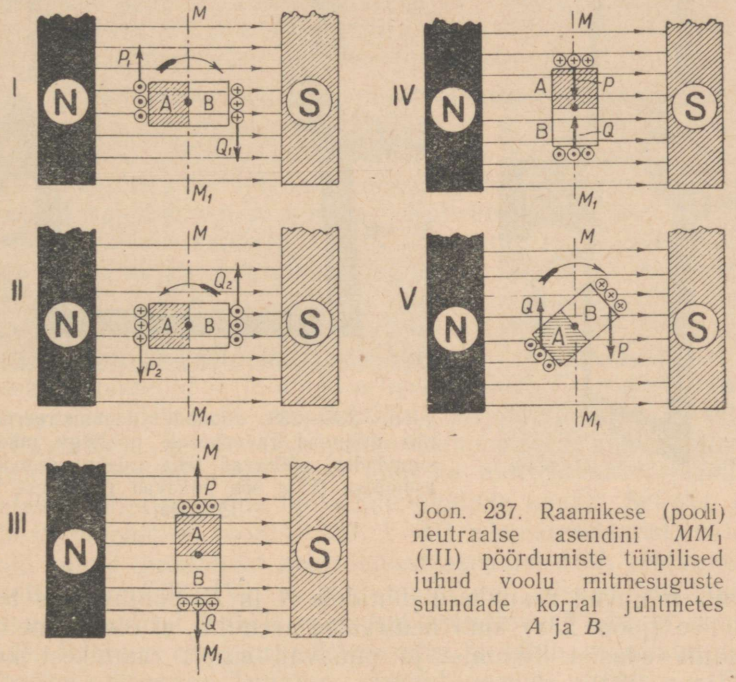


Joon. 236. Pool raamikese pöördumiste demonstreerimiseks.

alles pärast seda on võimalik üle minna kollektori küsimuse vaatlemisele. Praktika näitab, et õpilased võivad saada vajaliku kujutluse

raamikesest ja jõudude mõjumise tulemusest temale magnetväljas ainult siis, kui on kasutatud raamikese või kontuuri mudelit, mis on sarnane joonisel 235 näidatuga, kuid kollektorita; mudel on tehtud jämedast traadist ja ta saab pöörduda telje ümber. Sellise raamikese demonstreerimisega alatakse küsimuse käsitlust.

Raamikese joonistamine klassitahvlile kaldprojektsioonis võtaks õpetajal palju aega ja, peaasi — niisugune joonis osutuks raskeks tema kopeerimiseks õpilaste poolt (joon. 230-I). Seepärast t u l e b n i i s u g u s e d j o o n e s t i s e d, m i s on kasulikud seletuseks, teha aegsasti paberile ja kasutades neid mitte nõuda nende kopeeri-

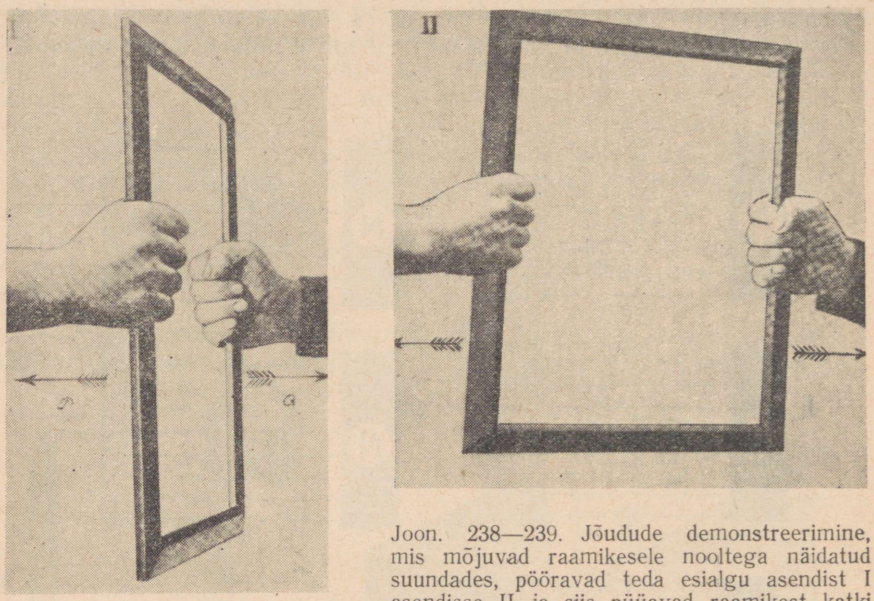


Joon. 237. Raamikese (pooli) neutraalse asendini MM_1 (III) pöördumiste tüüpilised juhud voolu mitmesuguste suundade korral juhtmetes *A* ja *B*.

mist õpilaste poolt oma vihikuisse. Õpetajal soovitatakse kujutada klassitahvlil raamikest tema läbilõikes nii, nagu see on näidatud joonisel 242, mida kasutatakse induktsiooninähtuse seletamiseks. Kuna aga raamikese pöördumiste demonstreerimisel kasutatakse harilikult pooli (joon. 236) või pöörlevat traadikeerdu, siis võib joonistel kujutada raamikest nii, nagu see on näidatud joonisel 237.

Arutluste lihtsustamiseks on väga tähtis värvida erinevat värvi nii raamikese mudeli kui ka riista pooli pooled, milleks teda jaotab pöörlemistelg. Sellise värvimiseta ei saa võrrelda raamikese lõppasendit tema asendite suhtes, mis olid enne katset. Samal otstarbel

tuleb joonistel kujutada raamikese ühte pooltest A mustana (viirutus), teist B — valgena (joon. 230-I ja 237). Tehes katsetel kindlaks, et raamike jääb pärast pööret seisma asendis MM_1 (joon. 236 ja 237-III), mida võib nimetada neutraalseks, antakse seletus sellele nähtusele, kasutades ühelt poolt joonestisi (joon. 237, I—III ja IV—V) ja teiselt poolt raamikese mudelit. Mõjutades kätega seda mudelit või mingit teist raamikest, selgitatakse, miks jõud P



Joon. 238—239. Jõudude demonstreerimine, mis mõjuvad raamikesele nooltega näidatud suundades, pööravad teda esialgu asendist I asendisse II ja siis püüavad raamikest katki kiskuda.

ja Q, mis mõjuvad raamikese juhtidele A ja B, põhjustades tema pöördumise (joon. 238) kuni neutraalse asendini, ei ole võimelised põhjustama edasist liikumist ja püüavad ainult raamikest katki rebida (joon. 239).

Niisugune demonstreerimine, vaatamata küsimuse lihtsusele, on väga tähtis.

Vaheldades katseid, raamikese demonstreerimisi ja joonistusi, selgitab õpetaja järgmised asjaolud:

1) Vooluga raamike pöördub magnetväljas ja võtab lõppasendi, mis vastab „neutraalsele" asendile MM_1.

2) Raamike, mis on välja viidud neutraalsest asendist tema pööramisega mistahes poole, tuleb tagasi samasse asendisse.

3) Raamikese pöördumise suund pooluste teataval asetusel sõltub voolu suunast juhtmetes A ja B.

4) Kui raamikeses, mis on võtnud neutraalse asendi (joon. 237-III), vahetada voolu suunda, siis ta pöördub veel 180° võrra — juhtmed *B* (valge) ja *A* (must) vahetuvad kohtadega.

5) Raamikese kestvaks pöörlemiseks tuleb muuta temas voolu suunda momendil, kui ta saavutab neutraalse asendi.

5. Deprez-d'Arsonval'i süsteemi elektrimõõteriistade töötamise põhimõte. Olles kindlaks teinud, et vooluga raamikese pöördumise suund magnetväljas sõltub voolu suunast, ei ole raske seletada demonstratsioon-galvanomeetri või mis on sama — magneto-elektrilist süsteemi elektrimõõteriistade töötamise põhimõtet. Selle põhimõtte demonstreerimiseks võib kasutada pöörduvat keerdu, varustades teda osutiga. Deprez-d'Arsonval'i süsteemi riistade ehituse seletamisel on tähtis osutada spiraalse vedru osale, mis seab pooli neutraalse joonega risti olevasse tasapinda.

6. Raamikese kestva pöörlemise saamine kollektori abil. Pärast raamikese pöördumiste tundmaõppimist ja tingimuste selgitamist tema kestvaks pöörlemiseks minnakse üle kahest poolrõngast koosneva lihtsaima kollektori kui seadise ehituse vaatlemisele, mis automaatselt vahetab voolu suunda. Kollektori tegevuse omandamine ei ole õpilastele kaugeltki kerge ülesanne, mispärast tuleb abiks võtta mitte ainult selgitavaid joonestisi tahvlil ja vastavaid pilte (joon. 230), vaid ka kollektoriga raamikese mudelit, mida harilikult nimetatakse kommutaatoriga kontuuriks (joon. 235). Segaduste vältimiseks kontuuri töötamise seletamisel tuleb värvida temal harjad, kollektori lamellid ja juhtmed erinevat värvi. Kontuuri ehitamist ja kasutamist seletusteks on põhjalikult kirjeldatud II k., § **49**, 7.

Raamikese kestva pöörlemise demonstreerimiseks kasutatakse pöörlevat keerdu; suurt kasu toob ka elektrimootori primitiivsete mudelite väljajagamine õpilastele laudade kaupa. Selleks, et seletada ja joonestisel joonise 237, I—III edasiarendamist, näidatakse voolu suuna muutumist neutraalsest asendist MM_1 läbimineku momendil (joon. 237-IV) ja siis raamikese edasist liikumist (V), mis viib joonisel 237-III näidatud asendini. Viide, et neutraalsel joonel kontuur on „surnud" asendis ja läbib seda ainult inertsi tõttu, on vältimatu. Tuuakse „surnud" asendi põhjus — sõltumine jõudude mõju suunast.

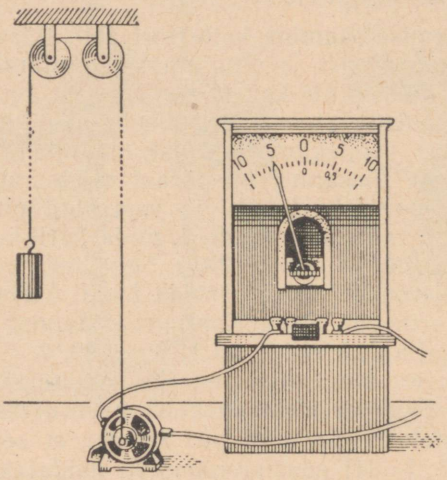
Olles seletanud kollektori töötamist, näitab õpetaja katse abil, et voolu suuna vahetamisel toimub kontuuri pöörlemissuuna muutumine.

7. Elektrimootor. Elektrimootori põhiosad (väljamagnet, ankur, kollektor, harjad) näidatakse ära õpetaja poolt esialgu kontuuril ja pöörleval keerul, ja siis magnetiga elektrimootori lihtsaimal mudelil.

Edasi, demonstreerides väheldast tehnilist elektrimootorit lahtivõetud kujul, milleks võib ka kasutada dünamot ja vastavat pilti, õpetaja seletab, et mõju suurendamiseks: 1) võetakse ühe keeru ase-

mel mitu keerdu, 2) nad keritakse raudsüdamikule (ankru kerele) ja 3) kasutatakse permanent-magneti asemel elektromagnetit, mis on võimeline tekitama tugevamat magnetvälja. Trumm-mähist ankrul ei tule vaadelda, samuti nagu hulka lamelle kollektoril. Sel puhul võib piirduda vihjega, et ankru liitmähis võimaldab tõsta mootori kasutegurit ja tagada tema kindlat töötamist (surnud asendite puudumine, käigu sujuvus).

Lõpuks õpitakse tundma mootori poolt elektrienergia mehaaniliseks energiaks muundamise seisukohalt tähtsaimat küsimust. Põhimõttelise tähtsusega on demonstratsioon, mille abil õpilased veenduksid, et mootori poolt tarbitav elektrivõimsus sõltub tema mehaanilisest koormusest. Selleks korraldatakse niisugune katse. Elektrimootor lülitakse järjestikku ampermeetriga ja mõõdetakse voolu tugevust esialgu väikese ja siis suure koormise tõstmisel (joon. 240). Koormise tõstmise asemel võib ka pidurdada ankrut näpuga. Elektrimootori kasutegurit defineeritakse kui temast saadava kasuliku mehaanilise võimsuse suuruse suhet kasutatava elektrivõimsuse suurusega. Seejuures näidatakse, et parimad elektrimootorid on kasuteguri poolest ühed kõige täiuslikumad masinad.



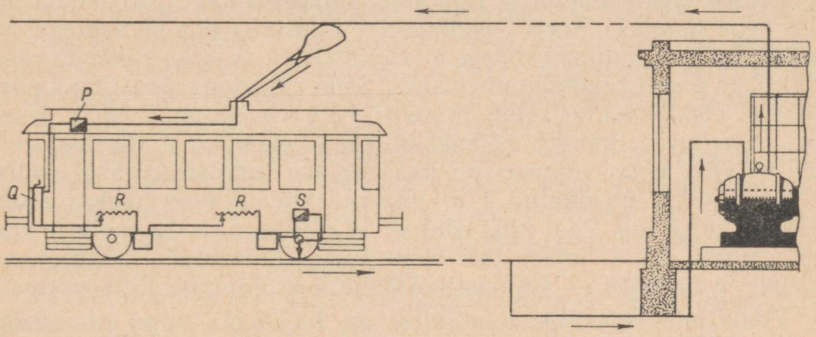
Joon. 240. Demonstratsioon: elektrimootori arendatud elektriline võimsus sõltub mehaanilise töö hulgast.

Mootori pöörete arvu ja tema pöörlemissuuna muutmise küsimusega on kõige parem tutvustada õpilasi vastaval laboratoorsel tööl.

8. Laboratoorne töö. Laboratoorse töö korraldamist, mis on pühendatud elektrimootori küsimusele, tuleb tunnistada väga soovitavaks. Tõepoolest, õpetaja demonstratsioonid ja vastavad seletused osutuvad, nagu näitab praktika, ikkagi mitteküllaldasteks selge kujutluse loomiseks õpilastel elektrimootori ehitusest ja töötamisest. Laboratoorses töös aga saavad õpilased võimaluse üksikasjaliselt vaadelda elektrimootori ehitust ja selgitada tema üksikosade otstarvet ja vastastikust mõju. Peale selle võimaldab laboratoorne töö tutvuda tegelikult ankru ja väljamagneti ühendamise, pöörlemissuuna muutmise ning pöörete arvu muutmise küsimusega elektrimootoril. Laboratoorses töös kasutatakse omavalmistatud primitiivset elektrimootorikest või kogumit elektromagnetismi alalt. Õpilastele soovitatakse algul käivitada permanentmagnetiga elektri-

mootorike ja vastavalt II k., § 69, 6 antud juhenditele, saada pöörlemissuuna muutumist, vahetades: 1) voolu suunda ankrus ja 2) välja jõujoonte suunda. Pärast seda, muutes reostaadi takistust, võib saada suuremat ja väiksemat pöörlemise kiirust. Selle järel tehakse õpilastele ülesandeks asendada permanentmagnet elektromagnetiga ja, olles ühendanud viimase ankruga, selgitada pöörlemissuuna muutmisviisi küsimust sel juhtumil. Kui pole aega sellise töö sooritamiseks tundides, siis on tungivalt soovitatav korraldada ta klassivälistel töödel.

9. Elektrimootorite kasutamine tehnikas. Teema lõpuks tuleb tutvustada õpilasi eelkõige elektrimootorite eelistega, võrreldes teiste jõumasina liikidega, ja alles pärast seda mootorite kasuta-



Joon. 241. Trammivaguni ehituse skeem: *P* — elektromagnetiline kaitse; *Q* — kontroller; *R*,*R* — reostaadid; *S* — sulavkaitse.

mise tüüpiliste juhtudega tehnikas. Elektrijõumasinate tähtsaimate eeliste hulka kuuluvad: 1) võimalus ehitada mootoreid mistahes võimsusega (sajandikest kuni tuhandete kilovattideni); 2) konstruktsiooni lihtsus; 3) käivitamise, pöörete arvu muutmise ja reverseerimise (pöörlemissuuna muutmise) lihtsus. Põhimõttelise tähtsusega on ka see asjaolu, et elektrimootor tarbib elektrivõimsust, mis sõltub tema mehaanilisest koormusest.

Elektrimootorite rakendustest nimetatakse nende kasutamist mitmesuguste masinate ja riistade käimapanemiseks vabrikutes ja tehastes, põllumajanduses (viljapeksumasinad, tuulamismasinad, sorteerimismasinad, võimasinad jms.) ja elektritranspordis.

Soovitatakse vaadelda trammivaguni (joon. 241) ja trolleibuse ehitust. Küsimusi elektrimootorite kasutamisest tehnikas on küllalt täielikult käsiteldud stabiilses õpikus. Lõpuks tuleb tuua andmeid, mis iseloomustaksid praegust olukorda ja transpordi elektrifitseerimist NSV Liidus.

Linnakoolis ei saa mainimata jätta ka elektrimootorite kasutamist igapäevase elu tingimustes (lift, ventilaatorid, elektrimootorid õmblus- ja pesemismasinate jaoks jms.).

10. Kasutamine sõjaasjanduses. Küsimus elektrimootorite kasutamisest sõjaasjanduses on küllalt täielikult käsiteldud raamatus: В. П. Внуков, Физика и оборона страны. Kõige tähtsamad on rakendused allveelaevas ja raskete kahurite mõnedes seadistes.

11. Ajaloolised teatmed. Elektrijõumasinate loomise esimestes katsetes kasutati elektromagneti poolt raua külgetõmbamise põhimõtet. Elektrimootorid, mis põhinesid elektromagneti poolt raua külgetõmbamise põhimõttele, ei saanud tegelikku rakendust kuni dünamomasina leiutamiseni, kui oli avastatud tema ümberpööratavus.

Seoses elektrimootorite tundmaõppimisega tuleb tutvustada õpilasi vene teadlase Boris Semjonovitš Jakobi elu ja töödega, kes mitte ainult et leiutas esimese elektrimootori, vaid ka rakendas seda praktikas paadi liikumapanemiseks. Seda ratastega paati, mis pandi liikuma elektrimootori abil, prooviti Jakobi poolt 1839. a. Neeva jõel Peterburis. Energia allikaks oli 128-st elemendist (Grove) koosnev patarei, tema võimsus oli kaasaeglase tunnistuse järgi selline, et tema külge ühendatud 1 *m* pikkune klaveri keel hakkas silmapilkselt hõõguma. Paat ujus edukalt 12 reisijaga vastu voolu ja tuult mitu tundi. Kuid katset tuli mitu korda katkestada lämmatavate aurude ja gaaside — lämmastikoksüüdide eraldumise tõttu patareist.

Peale elektrimootori leiutamise on Jakobi, nagu nimetasime varem § **95** ja **100**, galvanosteegia ja mitut tüüpi originaalsete telegraafiaparaatide leiutajaks.

On iseloomulik, et see teadlane ja leidur suri vaesuses, kuigi tema leiutisi rakendati tegelikult.

12. Ülesanded. Ülesanded, mida kasutatakse klassis ja antakse koduseks tööks, on treeningülesanded vasaku-käe-reegli rakendamiseks. Õpilastele antakse määrata juhi ja raamikese liikumise suund etteantud pooluste asetuse ja voolu suuna puhul. Sellist tüüpi komplitseeritud ülesanneteks on küsimused: 1) liikumise suuna määramine välja kujutamisel jõujoonte abil ilma poolusteta ja 2) voolu suuna leidmine vastavatel andmetel.

Kordamiseks tuleb anda õpilastele lahendada ülesandeid ühe suuruse määramiseks vahekorrast

$$\text{kasutegur} = \frac{N_1}{U \cdot I},$$

lastes leida sinna kuuluvatest suurustest: voolu tugevust, kasutegurit, elektrilist võimsust ($U \cdot I$) või mehaanilist võimsust (N_1) elektrimootori jaoks. Neid ülesandeid lahendatakse aritmeetilisel teel.

13. Näitlikud õppevahendid. Peale nimetatud õppevahendite raamikese ja kollektoriga elektrimootori lihtsaima ankru mudeli näol, on väga otstarbekohane kasutada pilte, mis kujutaksid skemaatiliselt raamikese mitmesuguseid asendeid — kommutaatorita ja koos temaga, sarnaselt joonisele 237, ja mis on valmistatud omade jõududega. Samuti on soovitav elektrimootori ehituse seletamisel kasutada pildi „Alalisvoolu-generaatori ehitus" seda osa, kus generaator on kujutatud läbilõikes. Sama kasulik on pilt „Voltmeetrite ja ampermeetrite mehhanismide ehitus" magneto-elektrilise (Deprez-d'Arsonval'i) süsteemi kohta. Maa- ja linnakooli jaoks, kus pole elektrifitseeritud tööstust ja transporti, on eriti suure tähtsusega katkendite demonstreerimine kinofilmist „Превращение электрической энергии в механическую".

14. Ekskursioonid. Koolidel, mis asetsevad suurtes linnades, kus on olemas elektritramm, soovitatakse korraldada ekskursioon trammi töökodadesse. Demonstreerimise objektideks on mootorite seadmed tööpinkide käikupanemiseks, alalisvoolu-elektrimootor (remondiks lahtivõetute hulgast) ja trammivaguni elektriseade (look, lüliti, kontroller, reostaadid ja mootor).

Trammivaguni ehituse tundmaõppimist võib võrdse edu ja kasuga asendada remonditava trolleibuse vaatlemisega. Ekskursioon raudteetöökodadesse, kus remonditakse elektrivedureid ja elektrivaguneid, on vähem kasulik nende tunduvalt keerukama ehituse tõttu, võrreldes trammi ja trolleibusega.

Ekskursiooniks ettevalmistus toimub vastavalt § 30 antud juhenditele.

15. Klassivälised tööd. Elektrotehnikute ringi jaoks võib soovitada elektrimootori mudelite valmistamist, mis ei tee raskusi ei käsitöö laadi oskuste ega ka vajalike materjalide poolest.

§ 102. Mehaanilise energia muundumine elektrienergiaks.

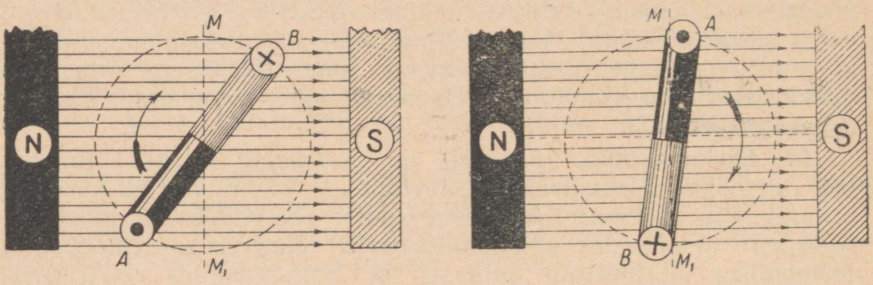
1. Sisu: a) Elektromagnetilise induktsiooni nähtus. Seos välja, juhi liikumise ja voolu suundade vahel. Parema-käe-reegel. b) Vahelduvvoolu saamine raamikese pöörlemisel magnetväljas. Erinevus vahelduv- ja alalisvoolu vahel. c) Kollektor kui riist vahelduvvoolu alaldamiseks. d) Dünamomasina ehituse mõiste. Dünamomasina pööratavus. e) Elektromagnetilise induktsiooni avastamise ja dünamomasina leiutamise tähtsus.

2. Metoodilisi märkmeid. Seoses eelmise osaga tuleb teema õppimise algul küsimus esitada umbes sel kujul, nagu ta tekkis M. Faraday'l.[1] Kui vooluga juhe hakkab liikuma magnetväljas, kas ei saa siis omakorda juhtme liikumine magnetväljas viia voolu tekkimisele? Teiste sõnadega — esitatakse küsimus mehaanilise energia muundumise võimalusest elektrienergiaks.

Metoodilised raskused elektromagnetilise induktsiooni nähtuse ja dünamomasina ehitus- ning töötamisprintsiibi käsitlemisel tekivad

[1] Faraday esitas küsimuse „magnetismi muundumisest elektriks".

nendel samadel põhjustel, mida nimetasime § **101**, 2. Kuid neid on kergem ületada, kuna eelnevas vaadeldi juba selletaolisi küsimusi elektrimootori tundmaõppimisel. Käsitluse lihtsustamise ja materjali jõukohasuse tagamise otstarbel õpilastele tuleb peale katsete demonstreerimise abiks võtta õppevahendite laialdast kasutamist raamikeste või rõngaste ja kollektoriga kontuuride kujul, aga ka selgitavate piltide kasutamist. Tahvlile joonistamisel tuleb loobuda



Joon. 242. Induktsioonvoolu suuna kujutamine raamikese või kontuuri ristlõikel.

joonestistest kaldprojektsioonis ja anda leppekujutisi läbilõigete kujul, mis on sarnased joonisel 242 näidatuga. Kuna õpilastel pole kujutlust elektromotoorsest jõust, siis tuleb käsitlemise lihtsustamiseks elektromagnetilise induktsiooni nähtuse ja järgnevate küsimuste vaatlemisel rääkida juhtides indutseeritud voolust, mitte aga indutseeritud elektromotoorsest jõust, mis teaduse seisukohalt ei ole päris õige.

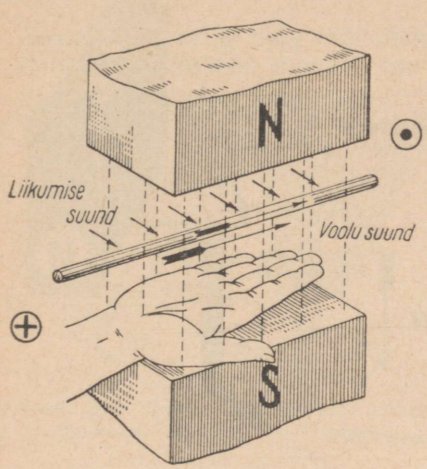
Raskused induktsiooninähtuse õppimisel tekivad ka sel põhjusel, et koolis kasutatav demonstratsioon-galvanomeeter pole küllaldaselt tundlik. Seepärast tuleb nähtust näidata tugevasti komplitseeritud kujul, tekitades voolu poolis, mitte aga sirges juhtmes.

Kaugeltki lihtsaks tööks pole mõnevõrra õige kujutluse loomine õpilastes vahelduvast elektrivoolust, mitte ainult kui perioodiliselt oma suunda muutvast voolust, vaid ka tema suuruse pidevast muutumisest iga poolperioodi jooksul. On soovitav, et õpilased saaksid kujutluse vahelduvvoolu graafikust ja suudaksid anda vastavaid seletusi. See osutub võimalikuks ainult sel juhul, kui õpetaja on igasuguste graafikute ehitamisele pööranud küllalt tähelepanu kogu kursuse vältel.

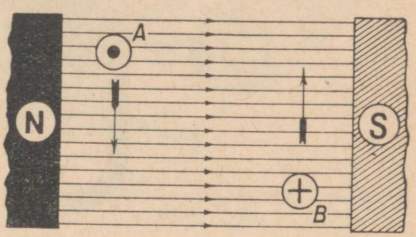
3. Elektromagnetiline induktsioon. Selle küsimuse käsitlemine mitte ainult koolis, vaid ka õpikutes pole rahuldav. Aparatuuri metoodilise ebatäiuslikkuse tõttu saab katsetel esile tuua ainult induktsioonvoolu tekkimist, mitte aga põhjendada olemasolevat seost magnetvälja, mehaanilise liikumise ja voolu suundade vahel. Katsetamise metoodika üksikasjaline käsitlus, mis viib käsitluse lihtsustamisele ja võimaldab kasutusele võtta parema-käe-reeglit, samuti

vastavate riistade kirjeldus on antud II k., § 50, 2 ja 5. Siin aga piirdume katse kohta järgmiste näpunäidetega.

1) Induktsioonpool, mis harilikult on koolis olemas, tuleb tunnustada metoodika seisukohalt kõlbmatuks. Tuleb kasutada spetsiaalselt valmistatud pooli, millel on õpilastele selgesti nähtav mähise suund ja mille mähised on värvitud erinevatesse värvustesse.



Joon. 243. Parema-käe-reegel.



Joon. 244. Elektromagnetilise induktsiooni kaks tüüpilist juhtu.

2) Demonstratsioon-galvanomeetri sees tuleb vajaduse korral ümber ühendada klemmide juurde viivad juhtmed, selleks et osuti kõrvalekaldumine toimuks voolu suunas.

3) Demonstratsioonil tuleb kasutada mitte sirget, vaid U-kujulist magnetit, sest välja pilt on viimasel magnetil lihtsam kui esimesel.

4) Tuleb nihutada pooli, lükates teda magnetile peale, mitte aga ümberpöördult. Vastasel korral tekivad raskused parema-käe-reegli kasutuselevõtmisel. [1]

Ainult nende tingimuste täitmisel saab katse abil võrdlemisi lihtsalt kindlaks määrata seose, mida väljendatakse parema-käe-reegliga (joon. 243). Induktsiooninähtust õpitakse järgmisel kujul:

1) Induktsioonvool tekib juhtme liikumisel risti välja jõujoontega, mitte aga piki neid (joon. 244).

2) Induktsiooninähtus on täheldatav mitte ainult juhtme liikumisel välja suhtes, vaid ka välja liikumisel juhtme suhtes, s. o. välja ja juhtme suhtelisel liikumisel.

3) Juhtme liikumise neli võimalikku juhtu magneti pooluste

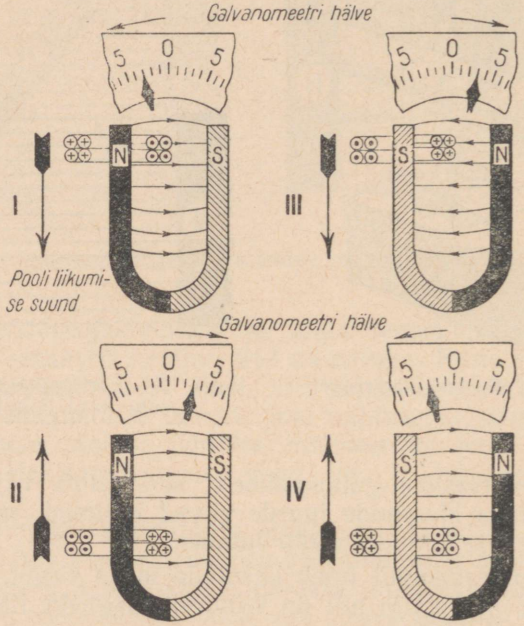
[1] Reeglis räägitakse juhtme, mitte aga magnetvälja liikumisest.

ümber taanduvad juhtme suhtelise nihkumise kahele põhijuhule risti välja jõujoontega.

4) Induktsioonvoolu suund määratakse parema-käe-reegli abil, sõltuvalt välja ja liikumise suunast.

Soovitav on käsitella Lents'i reeglit, mida on ratsionaalsem teha hiljem — katse korraldamisel, mis teeb ilmsiks dünamomasina ankru takistuse tema koormamisel.

Induktsiooni saamist elektromagneti abil võib mitte demonstreerida, sest see ei too põhimõtteliselt uut. Voolu tekkimise demonst-



Joon. 245. Neli võimalikku juhtu pooli nihutamisel magneti pooluste ümber.

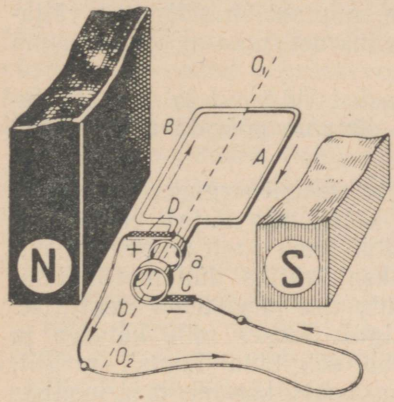
reerimine sekundaarpoolis selle katkestamisel primaarpoolis on sissejuhatuseks transformaatori küsimuse vaatlemisele ja peab sellepärast kuuluma järgmise teema algusse.

Parema-käe-reegli õppimisel tuleb juhinduda § **101**, 3 toodud juhtlausetest ja korraldada treening-töid kogu klassiga.

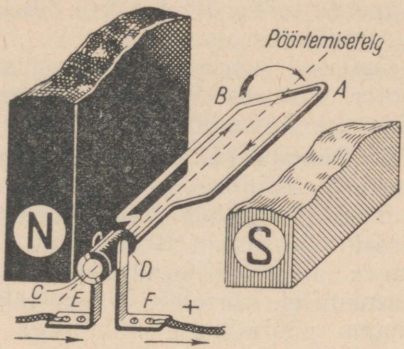
Õpetaja joonised tahvlil ja õpilaste omad vihikutes peavad vastama pooli liikumise kõikidele võimalikkudele juhtudele magneti suhtes (joon. 244 ja 245).

4. Vahelduvvoolu saamine raamikese pöörlemisega. Põhikatseks vahelduvvoolu tekkimise ilmsikstegemisel raamikese pööretel magnetväljas on kasutatav pool, mida on kirjeldatud II k., § **50**, 6 (joon. 393). Raamikese läbiminekul neutraalsest asendist otsusta-

takse voolu suuna muutumise üle demonstratsioon-galvanomeetri osuti kõrvalekaldumise põhjal. Täheldatavale nähtusele antakse seletus parema-käe-reegli põhjal rõngastega demonstratsioon-kontuuri ja aegsasti valmistatud piltide abil, mis on sarnased joonisega 242. Sellel kontuuril, nagu juhi liikumise käsitlemiselgi, tuleb seletuste lihtsustamiseks värvida üksikud osad erinevate värvidega.



Joon. 246. Rõngastega kontuur vahelduvvoolu saamise seletamiseks.



Joon. 247. Joonis kollektori töötamise seletamiseks.

Õpilasi tuleb tutvustada põhimiste erinevustega vahelduvvoolu ja alalisvoolu vahel.

1) Vahelduvvool muudab võrdsete ajavahemikkude järel oma suuna vastupidiseks.

2) Vahelduvvoolu tugevus kasvab pidevalt selle ajavahemiku jooksul teatava suurima väärtuseni ja väheneb siis samuti nullini.

3) Aega, mille jooksul vahelduvvool voolab nii selles kui ka vastassuunas, nimetatakse vahelduvvoolu perioodiks. Soovitav on anda vahelduvvoolu graafik.

Lõpuks tuleb vaadelda rõngastega magneto-elektrilise masina ehitust ja näidata tema töötamist, pannes hõõguma elektrilambikest. Seejuures antakse seletusi, mis otstarbel ankru kere tehakse rauast, mähis aga suurest hulgast keerdudest.

Mainides magnetite asendamist elektromagnetitega, võib sellist masinat vaadelda kui tehnikas kasutatavate kaasaegsete vahelduvvoolumasinate (alternaatorite) prototüüpi. Vahelduvvoolumasinate nimetamine dünamomasinateks on väär. [1]

5. Kollektori alaldav tegevus. Dünamomasin. Kollektori alaldavat tegevust selgitatakse, kasutades kollektoriga kontuuri ja võttes abiks aegsasti valmistatud pilte, mis on sarnased joonisel 247

[1] Dünamo-elektriline printsiip seisab väljamagneti (elektromagnetite) toimises masina ankru vooluga. Jääkmagnetismi tõttu poolustes on dünamo võimeline omaergutusele tema käimalaskmisel.

kujutatutega.[1] Selle järel demonstreeritakse kollektoriga magneto-elektrilise masina töötamist, pannes hõõguma lambikest ja näidates demonstratsioon-galvanomeetri abil, et masin annab alalisvoolu. On kasulik jutustada ka magneto-elektrilise masinaga taskulambi ehitusest. Olles nimetanud, et tehnilistes masinates kasutatakse mõju suurendamiseks magnetite asemel elektromagneteid, tutvustatakse õpilasi dünamo-elektrilise printsiibiga, mis seisab selles, et väljamagnetite toitevool võetakse dünamo ankrust, mis on selle masina iseloomulikuks omaduseks.

Õpilased märkavad kergesti samasust dünamo ja alalisvoolumootori ehituses. Seepärast küsimus dünamo pööratavusest, mida näidatakse katse abil, ei tekita raskusi.

6. Dünamo kui mehaanilise energia elektrienergiaks muundaja. Suurima põhimõttelise tähtsusega on katse, mis näitab, et dünamo poolt tarbitav mehaaniline võimsus sõltub tema poolt antavast elektrilisest võimsusest. See nähtus tehakse ilmsiks dünamot käimapaneva langeva koormise kiiruse muutumise järgi tema elektrilisel koormamisel, võrreldes tööga tühikäigul. Seoses selle katsega ja dünamo pööratavuse nähtusega tuleb selgitada Lents'i reeglit, nagu nimetasime jaos 3. Parema- ning vasaku-käe-reegli ja jooniste kõrvutamise põhjal on täiesti võimalik viia õpilasi järeldusele, et induktsioonvoolul on alati niisugune suund, et ta tekitab jõudu, mis mõjub vastu teda tekitavale liikumisele. Edasi võetakse kasutusele dünamo kasuteguri mõiste ja näidatakse tema kõrget suurust kõige täiuslikumatel masinatel. Kasuteguri kasutuselevõtmisel lähtutakse energia jäävuse seadusest, just sellega kriipsutades alla tema üldsust.

Lõpuks vaadeldakse elektrienergia mehaanilise generaatori leiutamise tähtsust, mis tegi võimalikuks tugevate voolude saamise ja sellega elektrienergia laialdase kasutamise tehnikas ja igapäevases elus.

7. Ajaloolised teatmed. Elektrienergia mehaanilise generaatori leiutamise tähtsuse käsitlemine peab kaasnema vastavate ajalooliste teatmetega. Nende hulka kuulub: 1) M. Faraday poolt elektromagnetilise induktsiooni avastamise ajalugu, 2) M. Faraday elulugu, 3) lühiandmed dünamo leiutamisest ja 4) dünamo pööratavuse avastamise ajalugu. M. Faraday eluloo tundmaõppimine on väga suure kasvatusliku tähtsusega.

Peale jutustuse Faraday'st tuleb tutvustada õpilasi vene teadlase Emil Kristianovitš Lents'i eluga ja tähtsamate avastustega, kes pühendas kogu oma elu peamiselt magneto-elektriliste nähtuste tundmaõppimisele. Tema kõige tähtsamaks teeneks tuleb pidada seaduse avastamist, mis määrab kindlaks indutseeritud voolu suuna (Lents'i reegel) ja just sellega seob ühte tervikusse juhtme liikumise nähtused magnetväljas elektromagnetilise induktsiooni nähtustega

[1] Tunduvat lihtsustust saavutatakse seletusel jooniste tegemisel õpetaja poolt värviliste kriitide (joon. 230-II) ja õpilaste poolt värviliste pliiatsite abil.

(vt. jagu 6). See avastus oli suure põhimõttelise tähtsusega ja, olles täiendatud veel rea teiste Lents'i töödega elektromagnetismi alal, sai maailma teaduses esimeseks määravaks tööks elektromagnetiliste masinate teoorias. Seepärast oleks õpilaste informeerimine akadeemik L e n t s'ist ainult kui teadlasest, kes avastas Joule'i-Lents'i seaduse, puudulik.

8. **Ülesanded.** Ülesandeid kasutatakse sama eesmärgiga ja sama tüüpi, nagu teemas „juhtme liikumine". Erilist huvi ja kasu pakuvad küsimus-ülesanded vahelduvvoolust, mis lasevad ennustada, kuidas kulgevad: soojuslikud toimed, vasevitrioli ja hapestatud vee elektrolüüs ja raua külgetõmbamine elektromagneti poolt.

9. **Õppevahendid.** Peale ülalmainitud rõngastega ja kommutaatoriga kontuuride tuleb kasutada selgitavat pilti „Alalisvoolu-generaatori ehitus". Kasulik on demonstreerida diapositiive tehnikas kasutatavate alalis- ja vahelduvvoolu masinate (generaatorite) kujutisega. Veel parem on näidata vastavaid katkendeid kinofilmist: «Превращение механической энергии в электрическую».

Eriti tugeva mulje jätab õpilastesse töötava aurujõu-elektrijaama mudeli demonstreerimine.

10. **Klassivälised tööd.** On soovitav, nagu nimetasime § 49, 3, organiseerida M. F a r a d a y'le pühendatud õhtu või välja anda vastav seinaleht. Ringi töödele avab teema laialdased võimalused vahelduvvoolu tundmaõppimiseks real katsetel.

§ 103. Elektrienergia edasiandmine ja jaotamine.

D e m o n s t r a t s i o o n - k a t s e d vt. II k., § 51.

1. **Sisu:** a) Voolu tekkimine sekundaar-poolis voolu katkestustel primaar-poolis. Raudsüdamiku tähtsus. b) Transformaatori ehituse ja töötamise printsiip. Voolu pinge muutumine sõltuvalt keerdude arvu vahekorrast. Transformaatori kasutegur. c) Elektrienergia kauge maa taha edasiandmise tähtsus. Edasiandmisel energiakadude vähendamise viis. Transformaatori kasutamine. Elektrienergia edasiandmise skeem. d) Elektrifitseerimise tähtsus rahvamajanduses.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Käesolev teema on oma esimeses osas (a ja b) elektromagnetilise induktsiooni edasiseks käsitlemiseks ja seepärast on selge tema seos eelmise teemaga. Teema teist osa tuleb vaadelda kui lõpposa kogu elektriõpetusele, mis selgitab elektrienergia kasutamise majanduslikku ja sotsiaalset tähtsust rahvamajanduses.

Teema käsitlemine ei tekita õpilastele raskusi. Kõige keerukamaks on neile küsimus kõrgepinge kasutamise vajadusest elektrienergia edasiandmisel, kuid ka siin on raskused ületatavad, kui seletustes lähtuda kadudest soojuslikeks toimeteks (vt. jagu 4).

Ettevalmistusele elektrifitseerimise majandusliku ja sotsiaalse tähtsuse käsitlemiseks rahvamajanduses peab õpetaja pöörama kõige

tõsisemat tähelepanu, selleks et osata võrdlemisi lühikese ajaga anda õpilastele täieliku kujutluse elektrifitseerimise erilisest tähtsusest meie sotsialismimaal. [1]

3. **Induktsioon voolu abil.** Käsitlemist alatakse katsest induktsioonpooliga, mis koosneb kahest väljavõetava südamikuga mähisest. Katsel tuuakse esile, et sekundaar-mähises tekib induktsioonvool ainult voolu sulgemisel ja katkestamisel primaarpoolis. Edasi näidatakse, et nähtus tugevneb, kui asetada poolide sisse raudsüdamik. Suurima tähtsusega on ka demonstratsioon, et voolu tekkimine toimub primaarmähist läbiva voolu igasugustel muutustel. Induktsioonvoolu suundade kohta tehakse kindlaks, et nad on erinevad sulgemisel ja katkestamisel.

4. **Transformaator.** Meenutades õpilastele vahelduvvoolu iseloomulikest omadustest, mis seisavad selle voolu tugevuse ja ka tema suuna lakkamatus muutumises, näidatakse transformeerimisnähtust pooli abil, mis on suletud lambiga ja on pealepandav Thomsoni pooli raudsüdamikule. Edasi, kasutades kooli lahtivõetavat transformaatorit ja tehes vastavaid katseid, demonstreeritakse, et transformaator on kasutatav nii pinge madaldamiseks kui ka tema kõrgendamiseks, ja võetakse samuti kasutusele vahekord mähistel olevate pingete ja nende keerdude arvu vahel;

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{Z_1}{Z_2},$$

osutades, et see on ligikaudne. Neil katsetel tutvustatakse õpilasi transformaatori üksikute osade nimetuste ja otstarbega (südamik, sekundaar- ja primaarmähis).

Lõpuks vaadeldakse transformaatorit energeetilisest küljest ja baseerudes energia jäävuse seadusele, näidatakse, et pinge kõrgendamisel kaotatakse, madaldamisel aga võidetakse voolu tugevuses. See võimaldab kasutusele võtta transformaatori põhivahekorda — võimsuste võrdsust mõlemas poolis:

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2.$$

Transformaatori kohta näidatakse tema kasuteguri suurus, mis on lähedane 100%-le, sest transformaator on energeetilises mõttes üks kõige täiuslikumaid seadmeid.

Transformaatori käsitelu lõpetatakse sellega, et demonstreeritakse tema rakendamist elekterkõlisti tegevussepanemiseks, madalavoldiliste lampide hõõgutamiseks, elektrikaare põlemiseks jms.

5. **Elektrienergia edasiandmine ja jaotamine.** Eelkõige tuleb põhjendada küsimust, miks just tekib elektrienergia suurte kauguste taha edasiandmise probleem (valge söe ärakasutamine, madalasor-

[1] Muuseas tuleb tutvuda raamatuga: Степанов, Электрификация РСФСР в связи с переходной фазой мирового хозяйства, 1922.

dilise kütuse veo ebatasuvus jms.). Siis saab õpilastele selgeks, mis eesmärgiga tuleb arutada küsimust kõige väiksemate kadude saavutamisest juhtmetes suurte elektrivõimsuste kaugele edasiandmisel.

Arutluste tuum peab olema sel juhul näiteks järgmine: 1) Voolu (I) läbimisel juhtmeist osa elektrienergiast kulub nende takistuse (R) ületamiseks. 2) Elektrienergia muundub seejuures soojusenergiaks. Joule'i-Lents'i seaduse põhjal on need kaod võrdelised suurusega $I^2 \cdot R$. 3) Kao suuruse vähendamine on saavutatav kas juhtmete ristlõike pindala suurendamise või voolu tugevuse vähendamise arvel. 4) Juhtmete ristlõike pindala suurendamist saab majanduslikel ja tehnilistel põhjustel kasutada ainult teatava piirini. 5) Voolu tugevuse vähendamine antud elektrivõimsuse edasiandmisel on kergesti saavutatav kõrgepingevoolu kasutamise arvel. 6) Kõrgepingevoolu eluohtlikkuse ja rakendamise ebamugavuste tõttu tuleb ta muuta tarbimiskohas võrdlemisi madalapingeliseks vooluks.

Neist juhtlausetest tuleneb põhimine järeldus elektrivoolu pinge muundamise vajadusest elektrienergia edasiandmisel: esialgu kõrgeks — tema saamise kohal, tarbimise kohal aga jälle madalaks.

See ülesanne on tehniliselt kergesti lahendatav transformaatorite rakendamisel ja mitte alalis-, vaid just vahelduvvoolu kasutamisel. Niisiis selgitatakse õpilastele peapõhjus, mille tõttu tehnikas kasutatakse peamiselt vahelduvvoolu. Kuid tuleb ka nimetada, et tänu teaduse kaasaegsetele saavutustele, hakatakse lähemas tulevikus energiat edasi andma kauge maa taha kõrgepingelise alalisvooluna, sest see on kasulikum majanduslikus ja muus mõttes.

Edasi vaadeldakse elektrienergia edasiandmise skeemi (generaator, pinget tõstev transformaator, kõrgepinge liin, pinget madaldav transformaator, vastuvõtjad) (joon. 248). Seejuures tuleb näidetena esitada andmeid meie kõige silmapaistvamatest edasiandmistest (võimsus, kaugus, pinge suurus jms.). Väga kasulik on kujutada neid andmeid aegsasti valmistatud diagrammidel.

6. Elektrifitseerimise tähtsus rahvamajanduses. Elektrifitseerimise tähtsuse selgitamine tuleb jaotada kaheks põhiküsimuseks — majanduslikuks ja sotsiaalseks. Eelkõige kuulub vaatlemisele majanduslik külg. Õpilaste poolt varemalt saadud teadmiste põhjal sõnastatakse järgmised põhiteesid:

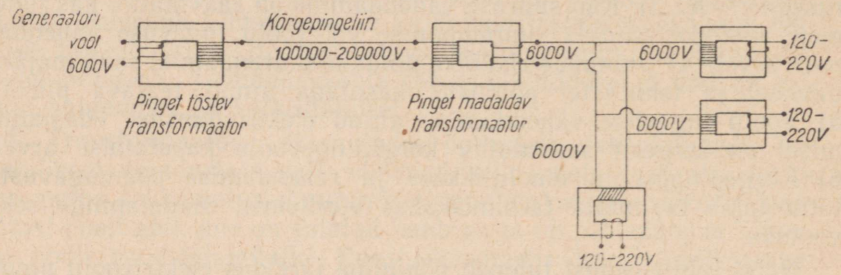
1) Elektrivoolu energia ehk teiste sõnadega elektrienergia võimaldab väga hõlpsasti saada võrdlemisi lihtsate masinate ja riistade abil mehaanilist tööd, soojust, valgust jms. nii tööstuse ja transpordi kui ka igapäevase elu tarvidusteks.

2) Ainult elektrienergia abil on võimalik mõnede keemiliste ainete tootmine, kõrgete temperatuuride saavutamine, kiirte saamine, mida rakendatakse arstiteaduses diagnoosiks ja raviks jms.

3) Elektrienergia võimaldab edasi anda energiat ilma suuremate kadudeta suurte kauguste (kümnete ja sadade kilomeetrite)

taha ja tarbimiskohtades jaotada teda nii suurte ja ka kuitahes väikeste võimsustega seadmete toitmiseks.

4) Ainult elektrienergia rakendamine tegi võimalikuks suurte koskede ja jõgede energia ärakasutamise ja võimaldas vältida kütuse vedu tema tootmiskohast. Elektrienergia tegi ka majanduslikult tasuvaks madalasordiliste kütuste liikide (põlevkivi, pruunsüsi, turvas) ärakasutamise.



Joon. 248. Elektrienergia kauge maa taha edasiandmise skeem.

5) Elektrifitseerimine võimaldab mitte ainult püstitada võrdlemisi võimsaid tuuleelektrijaamu (joon. 50), vaid tulevikus ära kasutada suuri võimsusi (10 000 *kW*) seadmetes, milledest ühe projekt (Ai-Petri mäel Krimmis) on näidatud joonisel 249.

Pärast majandusliku külje selgitamist tõuseb küsimus elektrifitseerimise sotsiaalsest tähtsusest meie maa rahvamajanduses. Selleks peab õpetaja selgitama õpilastele: 1) elektrifitseerimise olukorda enne revolutsiooni; 2) V. I. Lenini vaateid elektrifitseerimise tähtsusele ja tema algatusel GOELRO plaani koostamist; 3) maa elektrifitseerimise tormilist kasvu stalinlike viisaastakute ajal; 4) meie tööstuse elektrifitseerimise tähtsust Suure Isamaasõja aastail; 5) elektrifitseerimise arendamise perspektiive käesoleval ajal.

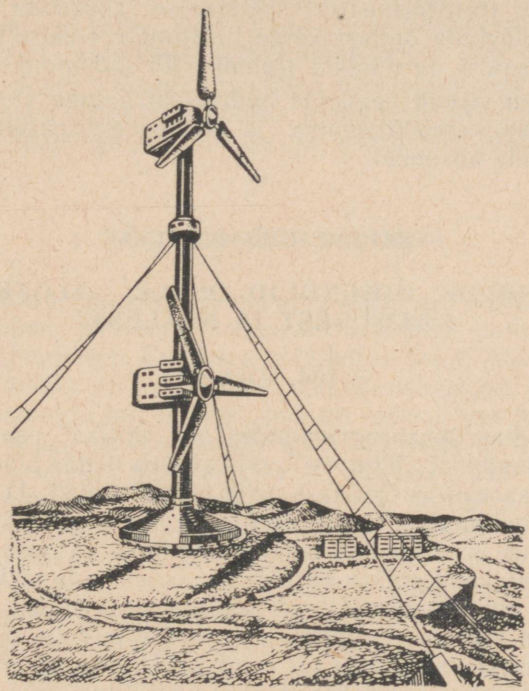
7. Ajaloolised teatmed. Käsitelles küsimust elektrienergia edasiandmisest kauge maa taha, on täiesti lubamatu mitte jutustada õpilastele sellest, et selle probleemi lahendamisel oli vene teadlaste ja inseneride töödel määrav tähtsus. P. N. Jablotškov ehitas seoses oma „küünla" leiutamisega vahelduvvoolu generaatori ja põrkas seejuures kokku elektrienergia jaotamise küsimusega. Temale kuulub ka transformaatori idee, mille teostas I. F. Ussagin Moskva ülikoolis 1882. a. Kuid see leiutis sai teatavaks sakslastele, patenteeriti nende poolt ja esildati oma leiutisena. Elektrienergia kauge maa taha edasiandmise loojaks tuleb aga lugeda vene teadlast ja inseneri Mihhail Ossipovitš Dolivo-Dobrovolski't, kes demonstreeris 1891. a. näitusel 300 *kW* võimsuse edasiandmist 175 km kaugusele pinget tõstvate ja madaldavate transformaatorite kasutamisega. Veel enam — Dolivo-Dobrovolski kasutas kolmefaasilist voolu, mida tarvitatakse ka käesoleval ajal, töötas

välja selle voolu teooria, leiutas ja ehitas kolmefaasilise generaatori, ja mis on eriti tähtis — ehituse lihtsuselt silmapaistva asünkroonmootori.

8. Ülesanded. Klassis tuleb lahendada mõned arvulised näited vahekordade kohta:

$$1)\ U_1 : U_2 = Z_1 : Z_2, \qquad 2)\ U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2.$$

Sama tüüpi ülesandeid antakse õpilastele ka lahendamiseks kodus. Ülesannete lahendamine on vajalik selleks, et õpilased saak-



Joon. 249. 10 000 kW võimsusega tuule-elektrijaama projekt.

sid paremini aru transformaatori otstarbest ja vajadusest kasutada voolu edasiandmisel kõrgepinget.

9. Õppevahendid. Olulise tähtsusega on selgitavate piltide kasutamine elektrienergia edasiandmise ja jaotamise skeemi küsimuses (joon. 38, I ja II). Elektrifitseerimise ja tema rahvamajandusliku tähtsuse küsimuse käsitlemine peab kaasnema diapositiivide demonstreerimisega, mis illustreerivad elektrienergia edasiandmise seadet ja tema rakendusi mitmesugustes tööstus- ning põllumajandusharudes ja transpordis. Veel parem on kasutada vastavat kinofilmi. Diapositiivide ja kino puudumisel tuleb projitseerida ekraanile

episkoobi abil vastavaid jooniseid raamatuist. Samuti on võimalik kasutada fotomontaaži. Kasulik on demonstreerida energia edasiandmise ja jaotamise skeemi. Niisugust pilti pole raske valmistada omade jõududega (joon. 180). Väga soovitav on tutvustada õpilasi mõningate diagrammide ja graafikutega, mis näitavad elektrifitseerimise arengut meie maal ja tema kasvu lähemas tulevikus.

10. Klassivälised tööd. Ringi töös võib õpilasi tegelikult tutvustada transformaatori kasutamisega elekterkõlisti, elektrimootorikese, madalavoldiliste lambikeste jms. töössepanemiseks. Tähtsad ja väga huvitavad on õpilastele elekterkeevituse ja induktsioonahju demonstratsioonid kui transformaatori spetsiaalse rakenduse näited. Võimalik on tutvustada õpilasi kõige lihtsamate elektrilüütiliste alaldajatega. Kasulik on näidata Ruhmkorff'i sädeinduktori töötamist.

Tähelepanu väärib vaadelda hüdroelektrijaama (joon. 36), kondensatsioon-soojuseelektrijaama ja soojuseelektritsentraali (joon. 170) sisseseade küsimust.

KAHEKÜMNES PEATÜKK.

METOODILISI JUHENDEID OSALE: „ALGTEADMISI VALGUSEST JA HÄÄLEST".

§ 104. Osa sisu.

Kaasaegsetes õppeprogrammides on „Optika" osa pealkirjastatud nii „Algteadmisi valgusest", mis osutab nende teadmiste tunduvale elementaarsusele. Õpitakse nelja põhiküsimust: 1) valguse levimist, 2) peegeldumist, 3) murdumist ja 4) valguse koosseisu. Esimese küsimuse käsitlemisel tehakse kindlaks valguse sirgjooneline levimine, mida kasutatakse varjude ja poolvarjude tekkimise, samuti ka päikese- ning kuuvarjutuste põhjuse ja olemuse seletamiseks. Vältimatu on küsimus valgustuse tugevuse ja selle sõltuvuse kohta pinna kaugusest valgusallikani ning kaldenurgast, sest sel on elus suur tegelik tähtsus, seletades mõningaid nähtusi, mida täheldatakse looduses päikesest valgustamisel. [1]

Valguse peegeldumise tundmaõppimise eesmärgiks on eelkõige seletada, miks inimene näeb teda ümbritsevaid mittehelenduvaid kehi. Valguse peegeldumisseaduse vaatlemine võimaldab selgitada põhimõttelise erinevuse puudumist peeglilise ja hajuva peegeldumise vahel, ja samuti näidata õpilastele kujutiste tekkimise põhjust tasapeeglis. Peale tasapeegli üldtuntud kasutamise igapäevases elus vaadeldakse tema kasutamist sõjatehnikas. Sfäärilistest peeglitest õpitakse kõige lihtsamas käsitluses nõguspeeglit, mis on vajalik prožektori töötamise seletamiseks.

[1] Valgusallika- ja pinnavalgustuse tugevuse küsimust Eesti NSV-s kehtivas seitsmeklassilise kooli füüsika õppeprogrammis ei puudutata. Toimetus.

Valguse murdumine kahe keskkonna piiril tehakse ilmsiks katselisel teel, vaadeldes seda võimalikult lihtsustatud kujul, murdumisnäitaja sissetoomiseta, kuid ikkagi nii, et saadud teadmiste alusel saaks seletada prisma ja koondava läätse murdmistoimet, samuti ka esemete kujutiste saamist läätse abil, sealhulgas projektsioonilaternas ja fotoaparaadis. Samas osas vaadeldakse ka inimese silma ehitust ja jutustatakse prillide toimest ning luubi kasutamisest. Keerulisi optilisi riistu, mikroskoopi ja pikksilma, tuleb mainida nende ehitust käsitlemata.

Valge kiire komponentideks lahutamist käsitellakse kehade värvuse ja valgusfiltrite (värviliste klaaside) toime seletamiseks. On tähtis märkida, et selles osas peale muu laiendatakse tunduvalt õpilaste teadmisi „valgusest" nähtamatute kiirte mõiste kasutuselevõtmisega ja nende mõnede omaduste tutvustamisega. Lõpuks tutvustatakse õpilasi kõige üldisemates joontes spektraalanalüüsi põhimõttega ja tähtsusega keemilistes ja astronoomilistes uurimistes.

§ 105. Metoodilisi märkmeid.

Nagu nähtub toodud sisu iseloomustusest on valgusalane kursus kirjeldav, põhineb tervikuna katseliste! andmetel ja on suure üldharidusliku tähtsusega. Kursuses pole kohta kuigi laialdasteks teoreetilisteks üldistusteks ja küsimust valguse olemusest ei puudutata. Valgust vaadeldakse kui midagi, mis on meie silma poolt aistitav, mis tekib valgusallikates ja levib neist sirgjooneliselt igale poole. On võimalik ja vajalik püstitada vaade valgusele kui ühele energia eriliikidest, mida tuleb teha sissejuhatavas vestluses optika õppimisele. Niisugune teaduslik tõlgendus toob teataval määral selgust küsimuse energia muundumisest valgusallikates ja tema muundumisest kiirte neelamisel keha poolt. Seega toimub mõningate teadmiste õppimine valgusest, kuivõrd see on võimalik, energiaõpetuse, sealhulgas energia jäävuse seaduse alusel.

Käesoleva kursuse käsitlusele on iseloomulik, palju suuremal määral kui füüsika teistele osadele, katsete laialdane kasutamine. Õpetaja vestlused algavad katsetest, kaasuvad katseliste andmete vaatlemisega ja lõpevad katsetega. Kuid sageli täheldatakse optika kursuse läbivõtmisel vastupidist pilti, — kursus osutub, võrreldes füüsika teiste osadega, kõige vaesemaks katselisest küljest ja muutub lausa „kriidiliseks füüsikaks". Niisuguse nähtuse vabandamiseks viidatakse harilikult vajaliku aparatuuri puudumisele, ja kui kabinettides on ka midagi olemas, siis ruumi pimendamise võimaluse puudumisele. Ometi nõuab optikaosa oma tundmaõppimiseks äärmisel juhul ainult lihtsaimat projektsiooniaparaati ja valgusallikat, sest aparaadist võetud osade abil (reflektor, kondensor, objektiivist võetud läätsed), seejuures mõnede primitiivsete riistade, näiteks klaasidest kokkukleebitud prisma valmistamisel omal jõul ja mõningate materja-

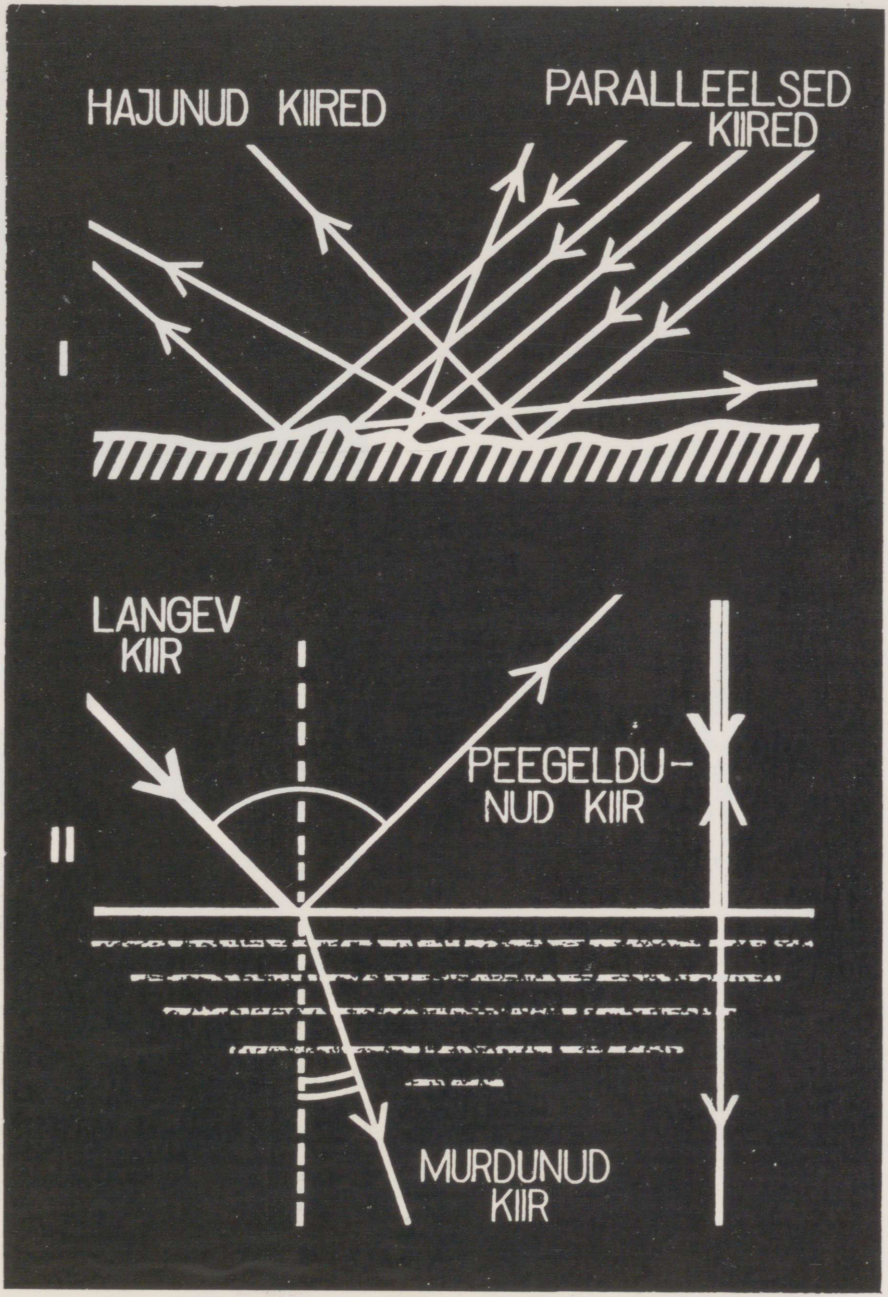
lide (värvilised materjalid — tsellofaan, paber ja riie, plekk jms.) ning esemete (tasapeegel) valikul — on täiesti võimalik tagada seitsmeklassilises koolis kõiki tähtsamaid katseid optika alalt. Katsetel on oluline rakendada tehnikat, mis on kirjeldatud II k., § 52, 1—5. Pimendamiskatete valmistamine kas või ajalehtedest, mis on kleebitud kokku mitmekihiliselt ja mingi värviga mustaks värvitud, on kergesti teostatav õpilaste ja õpetaja jõuga kõikide maakoolide, seda enam aga linnakoolide igasugustes tingimustes. Optika kursuse metoodiliseks iseärasuseks on joonestamise kui meetodi rakendamine valguskiirte ja kiirtekimpude leppetähistamiseks, seaduspärasuste fikseerimiseks (peegeldumine ja murdumine) ja lõpuks graafiliste konstruktsioonide põhjal mõnede nähtuste (esemete kujutiste) seletamiseks. Suurimat lihtsust joonestiste mõistmiseks õpilaste poolt saavutatakse värviliste kriitide kasutamisel. Seepärast on õpetaja kohustatud tegema joonestisi tahvlil kõige hoolikamalt ja nõudma sedasama õpilastelt joonistamisel vihikutes. Suure tähtsusega on anda õpilastele koduseks tööks mõned kiirte käigu konstruktsioonid, mida tehakse malli ja joonlaua abil. Kuid graafilised konstruktsioonid peavad jääma võrdlemisi tagasihoidlikule kohale ja mitte domineerima katsete üle, nagu seda sageli täheldub optikaalsete teatmete käsitlemisel.

Mõisted, mis võetakse tarvitusele optika kursuses, pole keerukad, sest suuremalt osalt nad langevad ühte elust saadud kujutlustega, välja arvatud valguse murdumisnähtused. Kuid see on õige tingimusel, kui mõisted võetakse kasutusele või täpsustatakse katsete põhjal. Valguse peegeldumisseaduse käsitlemine ei tekita harilikult raskusi; valguse murdumist aga vaadeldakse ainult kvalitatiivsest küljest.

§ 106. Sissejuhatav vestlus.

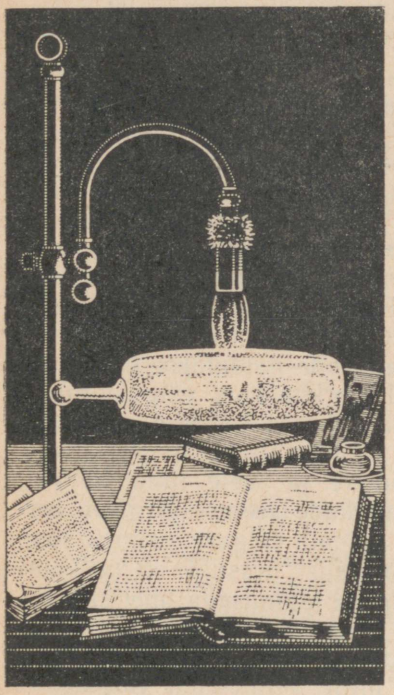
Sissejuhatav vestlus valguse algteadmiste õppimisele peab sisaldama kaht põhiküsimust — mõistet valgusest kui ühest energia liigist ning teatmeid valgusallikatest — ja olema ettevalmistuseks järgnevate teemade õppimisele. Valguse tähtsust selgitatakse näidetel, millest selgub kolm põhiteesi: 1) valgus võimaldab inimesel ja loomadel näha esemeid ja järelikult orienteeruda ruumis, 2) päikesevalgus, mõistes sealhulgas ka nähtamatuid kiiri, loob Maa peal temperatuuritingimused, mis on vajalikud eluks ja 3) taimedes toimub valguse neeldumisel nende roheliste osade poolt õhu süsihappegaasi sarnastamine ühes hapniku eraldumisega ja Päikese kiirte energia akumuleerimine keemilise energia kujul.

Et valgus on üks energia liike, võib küllalt veenvalt tõestada katsega seleen-fotoelemendi abil, — riista töötamist seletamata — mis on ühendatud milliampermeetriga (demonstratsioon-galvanomeetriga) ja mida valgustatakse mingi valgusallika poolt. Samuti võib demonstreerida radiomeetri töötamist, mille tiivakesed hakka-

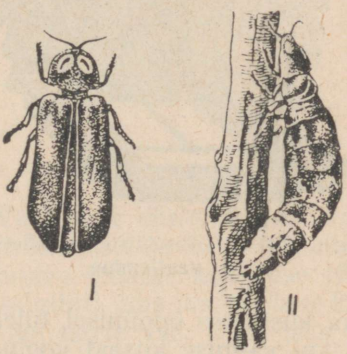


Joon. 250. Valguskiirte käiku kujutavad joonised klassitahvlil.

vad pöörlema hõrendatud õhu rõhkude vahe tõttu, mis tekib tiivakestel nende tahmatud ja läikivate pindade mitteühesugusel soojenemisel. Käesoleva küsimuse käsitluse lõpuks tuleb informeerida õpilast päikesekiirte energia vahetu kasutamise katsetest vee soojendamiseks kateldes, mida rakendatakse vee destilleerimiseks (magestajad) ja aurumasina käimapanemiseks. Seejuures tuleb näidata episkoobi abil vastavaid pilte raamatuist. Sissejuhatava vestluse teiseks küsimuseks on õpilaste tutvustamine valgusallikatę liikidega. Kõigepealt jutustatakse temperatuuri-kiirgusallikatest, millede hulka kuuluvad: petrooleumilamp, gaasilambid, elektrihõõglambid jms. Seejuures on huvitav juhtida õpilaste tähelepanu küsimuse



Joon. 251. „Lamp" helenduvate bakteritega.



Joon. 252. Jaaniuss (isane — I ja emane — II).

energeetilisele küljele, s. o. mitmesuguste valgusallikate kasutegurile, milleks on parem kasutada aegsasti valmistatud diagrammi (joon. 47). Peale selle on kohustuslik sellise valgusallika demonstreerimine, kus valgus tekib elektrienergia vahetul muundumisel (neoontoru või neoonlamp, Geissleri või Plückeri toru, naatriumi- ja elavhõbedalamp). Lõpuks nimetatakse sellise valguse avaldumise näiteid looduses virmalistena ja jutustatakse samuti biokeemiliste valgusallikate olemasolust (bakterite eri liigid (joon. 251), jaanimardikas ehk jaaniuss (joon. 252).[1]

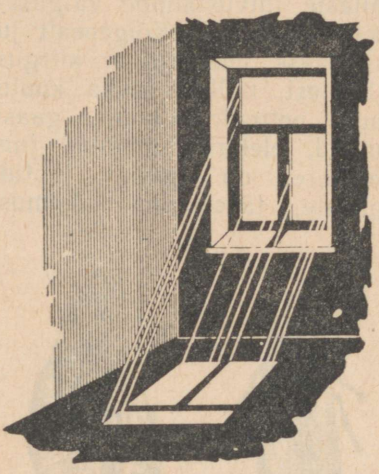
[1] Valguse ekvivalent ($\lambda = 5550 Å$ puhul) on 620 **luumen/vatt**. Jaaniussil on valguse tagasiand 600 luumen/vatt, s. t. kasutegur on peaaegu 100%.

§ 107. Valguse levimine.

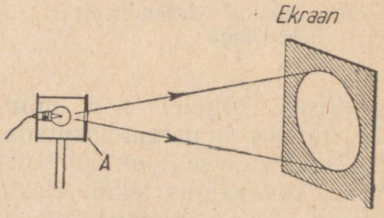
Demonstratsioon-katsed — vt. II k., § 53.

1. Sisu: a) Valguse sirgjooneline levimine. b) Vari ja poolvari. c) Varjutused. d) Valguse kiirus. e) Pinnavalgustuse tugevuse mõiste.

2. Valguse sirgjooneline levimine. Valguse sirgjoonelise levimise käsitlemine toimub katsete abil. Peale selgel päeval klassi aknasse tunginud Päikese kiirte leviku vaatlemise tuleb demonstreerida mingi tugeva ja seejuures punktvalgusallika kiirtekimbu käiku (joon. 254). Kiirtekimp saadakse läbi võrdlemisi väikese ava, selleks et suitsustades õhku, näidata kimbu piire, mis on teravalt piiratud sirgjoontega, ja samal ajal juhtida tähelepanu sellele, et kimp on hajuv; seda kujutataksegi vastaval joonisel. Peale selle näidatakse katset aukude torkimisega valgust mitteläbilaskvasse kattesse, mille alla on paigutatud valgusallikas. Seintele ja laele ilmunud valguslaikude asetuse järgi on kerge näidata valguse levimise sirgjoonelisust. Kasulik on ka katse valguse läbimisega ühel sirgjoonel asetsevatest avadest. Käesoleva küsimuse õppimisel tuleb kasutusele võtta mõiste valguskiirest kui valguse kitsast voolusest ja mitte defineerida valguskiirt kui valguse levimisjoont. Õpilastele tuleb ka näidata, kuidas kujutatakse valguskiiri joonestistel ja siis jälgida nende kõikidel järgnevatel joonistamistel, et kiired oleksid tõesti sirgjooned. Lõpuks on oluline katse abil kindlaks teha kiirtekimpude kahe pealiigi — paralleelse ja hajuva kimbu — olemasolu ja (peale selle) selgitada, miks võib Päikese kiiri maapinnal lugeda paralleelseteks.



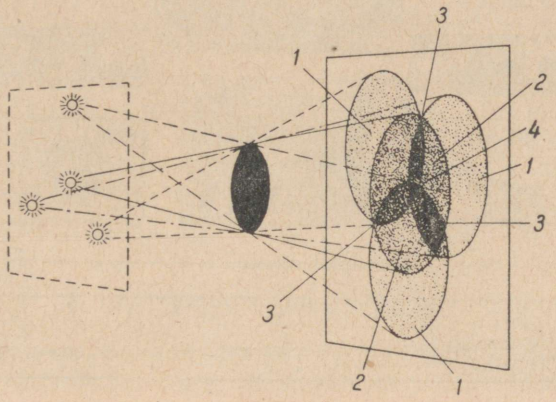
Joon. 253. Päikesekiirte paralleelsuse vaatlemine.



Joon. 254. Punktikujulisest valgusallikast valguse levimise demonstreerimise skeem.

3. Vari ja poolvari. Varju ja poolvarju tekkimise küsimus, mida demonstreeritakse vastavate katsetega (joon. 255) ja seletatakse joo-

nestiste abil, ei tekita harilikult käsitlemiseks raskusi. Seletustel on õpilastel uuteks mõisted valgusallikatest — punktikujulisest ja mittepunktikujulisest, s. t. millel on teatav pindala. Sellel tuleb eraldi peatuda ja näidata erinevust näiteks kino-projektsioonilambi ja hariliku hõõglambi või petrooleumilambi vahel. Samuti on oluline selgitada õpilastele, et poolvari väheneb, ehk teiste sõnadega — varju piirjoone teravus suureneb kauguse suurenemisel valgusallika ja projitseeritava objekti vahel. Muidu ei saa õpilastele selgeks, miks kauge lambi valguse puhul peaaegu puuduvad poolvarjud.

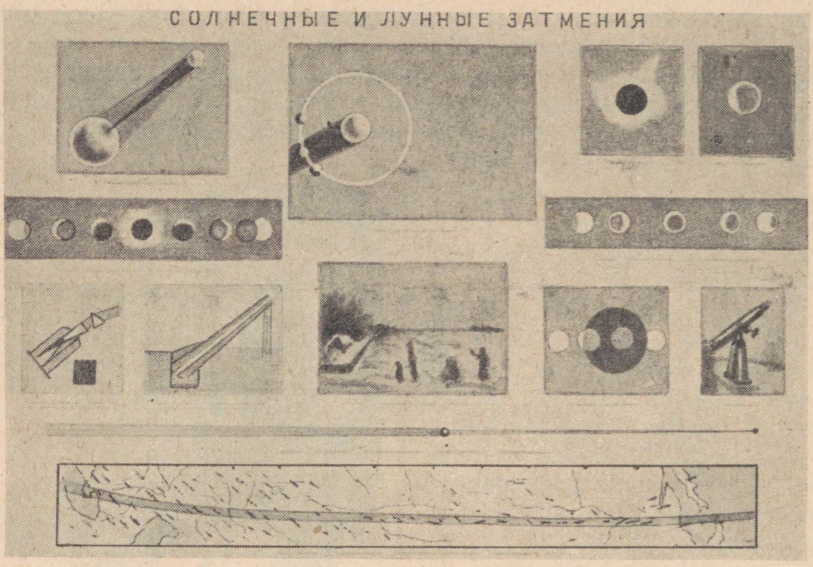


Joon. 255. Neljapunktilisest valgusallikast varju ja poolvarju demonstreerimine.

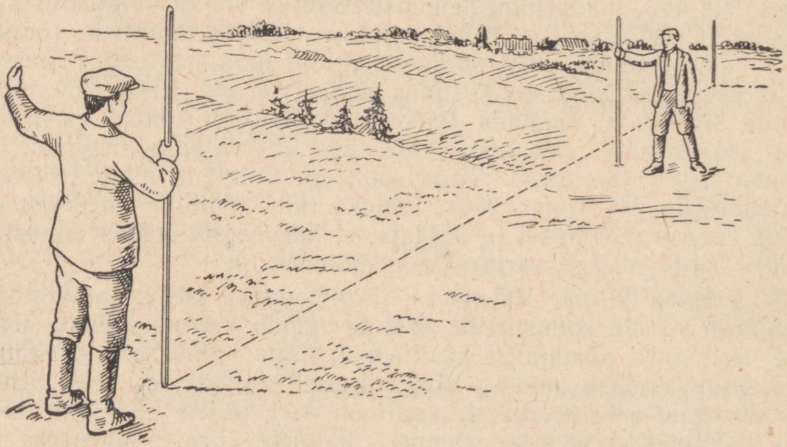
4. Päikese- ja kuuvarjutused. Varjutuste küsimust vaadeldakse joonestiste abil, telluuriumi demonstreerimise või ka valgusallikaga nõguspeegli, gloobuse ja Kuud kujutava väikese kuulikese (õuna) abil. Varjutuste tekkimise põhjust selgitati juba maateaduse kursuses ja seepärast pole see küsimus õpilastele uus. Kuid teda tuleb esitada selleks, et seletada Päikese täieliku ja osalise varjutuse vahet ja peaasi — demonstreerida teda kui valguse sirgjoonelise levimise otsest järeldust. Väga sobiv on kasutada pilti: „Päikese ja kuuvarjutused" (joon. 256). Lõpuks tuleb peatuda varjutustega seotud ebausu küsimusel ja näidata, et kaasaegne teadus ennustab harukordse täpsusega varjutuste saabumise aja.

5. Valguse kiirus. Rõmeri järgi valguse kiiruse määramise seletamine ei ole kohustuslik, sest ta nõuab astronoomiliste teatmete võrdlemisi pikaajalist käsitlemist, mida vajab selle küsimuse arusaamine õpilaste poolt. Võib piirduda vihjega, et seda kiirust mõõdeti algul astronoomiliste vaatluste teel, hiljem aga leiti viisid tema mõõtmiseks laboratooriumis. Valguse kiiruse suuruseks on 300 000 km sekundis, mainimata, et erinevates keskkondades on ta erinev. Lõpuks tuleb näidata arvutuse abil, missuguse ajavahemikuga Päikese valgus jõuab Maani. On kasulik informeerida ka astronoomiliste kauguste tohutusest, mille tõttu tuleb astronoomias tarvitada nende mõõtmiseks erilist ühikut — valgusaastat.

6. Pinna valgustustugevus. Pinna valgustustugevuse mõiste tehakse kindlaks igapäevase elu näidetel ja ka valgusallikast erinevatele kaugustele asetatud kahe valge paberilehe pinna valgustus-



Joon. 256. Pilt: „Päikese- ja kuuvarjutused".



Joon. 257. Sirgjoone tähistamine maastikul keppide abil.

tugevuse katselisel võrdlemisel. Kuna õpilastele on selgitatud, et valgus on üks energia liike, siis on võimalik (kuid pole kohustuslik) kindlaks määrata, et esemete valgustus sõltub valgusenergia hul-

gast, mis langeb pinnaühikule. Pinna valgustustugevuse sõltuvust pinna kaldest ja viimase kaugusest valgusallikast selgitatakse joonestiste abil ja illustreeritakse katsetega. Kvantitatiivset sõltuvust kaugusest ei konstateerita. Lõpuks on oluline anda seletus aastaaegade vahetusele Maa peal.

7. **Ülesanded ja kodused tööd.** Peale valguse kiiruse suuruse arvutuste võib õpilastele anda küsimus-ülesandeid, mis on seotud valguse sirgjoonelise levimisega.

8. **Näitlikud õppevahendid.** Peale telluuriumi on soovitav kasutada seinapilti, mis seletab varjutusi (joon. 256) ja aastaaegade vahetumist.

9. **Klassivälised tööd.** On kasulik näidata õpilastele maastikul sirgjoone tähistamist keppide abil (joon. 257). Praktilistest töödest on soovitav camera obscura (pimekambri) valmistamine ja vaatlused kujutiste saamisega läbi väikese ava. Üldharidusliku sihiga on soovitav organiseerida loeng-vestlus maailmasüsteemist ja tema kujunemise loost.

§ 108. Valguse peegeldumine.

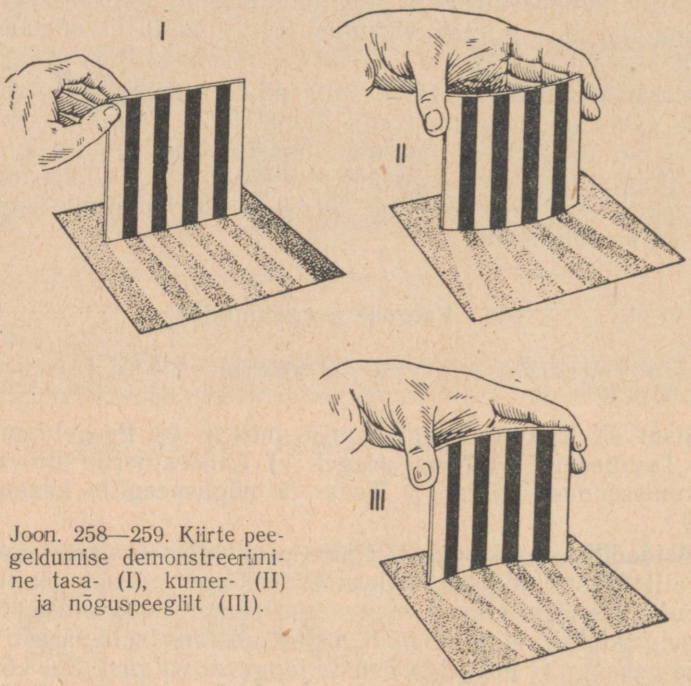
Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 54, 55, 6 ja 70, 1—3.

1. **Sisu:** a) Valguse peegeldumise mõiste. b) Peegeldumisseadus. c) Tasapeegel. d) Nõguspeegel. e) Laboratoorne töö valguse peegeldumisseaduse kohta. f) Tasa- ja nõguspeeglite kasutamine tehnikas.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Valguse peegeldumist arutatakse esialgu kvalitatiivsest küljest, selleks et eelkõige seletada õpilastele, et selle nähtuse tõttu võivad inimene ja loomad näha esemeid. Seejuures selgitatakse, et pind näib meile mustana sellepärast, et ta neelab ja peaaegu ei peegelda temale langevat valgust. See küsimus on põhimõttelise tähtsusega sellepärast, et igapäevases elus mõistele „valge" vastandatakse mõistet „must" sarnaselt, nagu soojale vastandatakse külma. Peegeldumisseadust õpitakse selleks, et seletada tasapeegli töötamist, selgitades sealhulgas saadava kujutise asukohta ja suurust. Eriti tugevat muljet avaldab õpilastele demonstratsioon, et kujutis peegli taga saadakse rangelt kindlas kauguses, mis võrdub eseme kaugusega peeglist. Küsimust nõguspeeglist õpitakse kõige elementaarsemal kujul, selleks et seletada prožektorite töötamist. Teema-alased demonstratsioonid on kergesti teostatavad ega nõua peale peeglite ja paralleelkiirteallika mingit aparatuuri. Laboratoorne töö on peale tutvustamise peegeldumisseadusega ettevalmistuseks järgnevale valguse murdumise tundmaõppimisele kiirte tähistamise meetodiga nööpnõelte abil.

3. **Valguse ja peegeldumise mõiste.** Enne kui tundma õppida peegeldumisseadust, tuleb anda õpilastele üldine kujutlus valguse

peegeldumise nähtusest. Valguse levimise teele asetatakse mitmesuguseid pindu — must, hall ja valge — ning tutvustatakse diagrammi abil õpilasi mõnede arvuliste andmetega, mis iseloomustavad peegeldunud valguse hulka (valge paber — 80—85%, must samet — 0,2% jms.). Edasi tehakse kiirte käigu vaatlemiseta kindlaks erinevus peeglilise ja hajuva peegeldumise vahel, milleks võrreldakse peegeldumist valgelt riidelt ja peeglilt. Lõpuks tuleb selgitada erinevust läbipaistvate ja läbipaistmatute ainete vahel ning



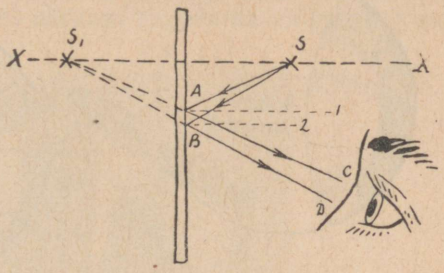
Joon. 258—259. Kiirte peegeldumise demonstreerimine tasa- (I), kumer- (II) ja nõguspeeglilt (III).

tõestada, et läbipaistvad kehad peegeldavad valgust oma pinnalt osaliselt. Seda on kerge esile tuua, paigutades kiirtekimbu teele klaasi või parem — peegliklaasi ja asetades teda mitmesuguste nurkade all, näidatakse peegeldus!aigu tekkimist. Kasulik on ka katse valguse peegeldumisega peegliklaasilt.

Käsitlust tuleb saata näidetega igapäevasest elust, mis illustreerivad peegeldumisnähtust. Tuleb jutustada ka sellest, et mõned taevakehad, näiteks Kuu, on nähtavad meile päikesevalguse peegeldumise tõttu nende pinnalt.

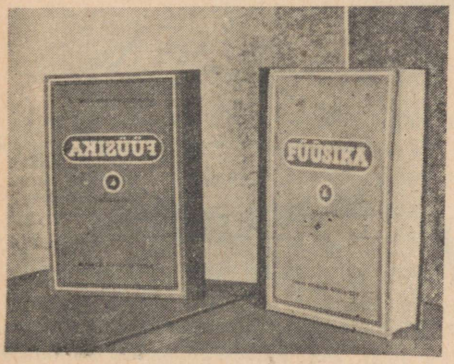
4. Valguse peegeldumisseadus. Langemis- ja peegeldumisnurga võrdsuse seadus tehakse kindlaks katsetega, milleks on olemas arvukalt riistu. Sõnastust, et langev ja peegeldunud kiir asetsevad ühes tasapinnas peeglile püstitatud ristjoonega, ei tarvitse nõuda õpilas-

telt, kuid näidata seda nähtust on vajalik. Kuna õpilased kalduvad sageli arvestama nurki kiire ja peeglipinna, mitte kiire ja ristjoone vahel, siis tuleb anda joonestis vastavate selgitavate pealkirjadega ja nõuda õpilastelt langemis- ja peegeldumisnurga definitsiooni meelespidamist. Tingimata tuleb ka selgitada, et langev ja peegeldunud kiir on vastastikku vahetatavad. Pärast seaduse kindlakstegemist tuleb anda harjutusi peegeldumisnurkade konstrueerimiseks antud langemisnurkade järgi. Sealhulgas tuleb lahendada küsimusi paralleelsete ja hajuvate kiirtekimpude peegeldumise kohta peegel- (joon. 250-II) ja hajutavalt pinnalt (joon. 250-I).



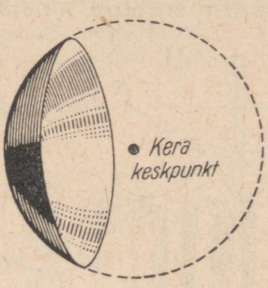
Joon. 260. Kujutise ehitamine tasapeeglis.

5. Tasapeegel. Tasapeegli kohta õpitakse kahte järgmist juhtlauset: 1) eseme kujutis tekib peegli taga eseme vastas samal kaugusel peeglist ja 2) kujutise suurus võrdub eseme suurusega. Neid juhtlauseid pole raske selgitada, kasutades õpilaste endi peeglikasutamise kogemusi ja tuntud demonstratsiooni küünlaleegi peegeldusega peegliklaasilt. Peale selle toob suurt kasu järeldamise kergendamiseks peeglite andmine õpilastele klassis ja ettepanek täheldada, mis toimub eseme kujutisega, kui eset eemaldada peeglist või lähendada peeglile. Nähtuse selgitamiseks tuleb abiks võtta joonestis, kusjuures vajaliku tulemuse saamiseks tuleb: 1) märkida mõttes kujutise asendi punkti S_1 (joon. 260) ning 2) langemiskohast A ja B peegeldunud kiired AC ja BD joonestada nii, et nende pikendused CS_1 ja DS_1, mis tõmmatakse hiljem, lõikuksid selles punktis S_1. Selle joonestise vaatlemisel tutvuvad õpilased esmakordselt inimese ja loomade silma omadusega näha helendavat punkti hajuvate kiirte lõikumiskohas, sõltumata sellest, kas helendavat punkti seal üldse on või ei ole. On kasulik näidata kõverat tasast peeglit ja seletada õpilastele tema poolt antava moonutuse põhjus. Demonstreeritakse ka lihtsat katset selleks, et näidata moonutust, mida tekitab tasapeegel (joon. 261).

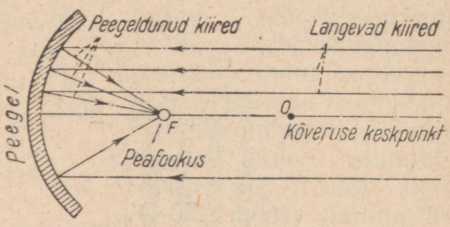


Joon. 261. Kujutis tasapeeglis.

6. Sfääriline peegel. Sfäärilist nõguspeeglit (joon. 262) õpitakse selleks, et näidata tema kasutamist prožektorites ja autolaternates. Sellepärast vaadeldakse ainult ühte eri juhtumit, kui peeglile langevad paralleelsed kiired (joon. 263). Küsimus selliste kiirte lõikumise kohta peegli peafookuses lahendatakse katse, mitte aga jooniste abil,

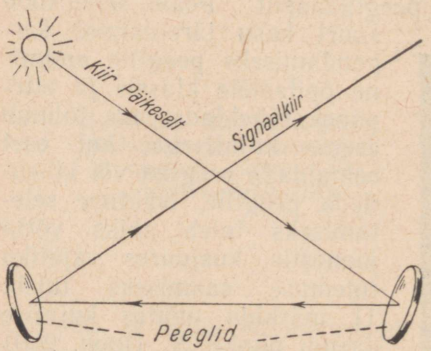


Joon. 262. Joonis sfäärilise peegli ehituse seletamiseks.

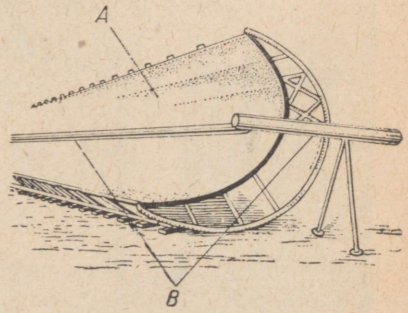


Joon. 263. Paralleelsete kiirte peegeldumine sfäärilistelt peeglitelt.

kuna õpilastele pole alati jõukohane kõveralt pinnalt peegeldunud kiirte ehitamine. Edasi näidatakse katsega, et kui helendav punkt asetada peegli peafookusesse, siis peegeldunud kiired moodustavad



Joon. 264. Heliograafi skeem.



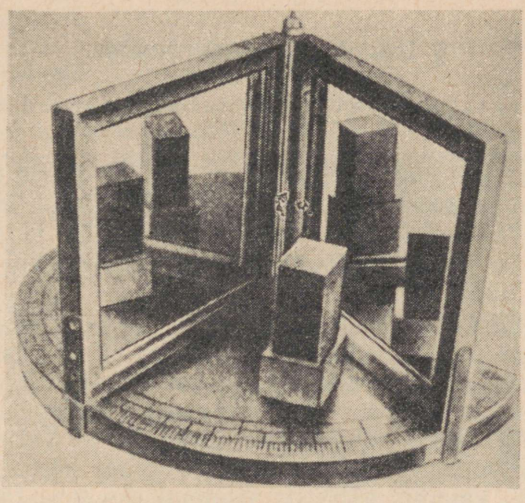
Joon. 265. Päikesejõumasina silindriline nõguspeegel. Fookusejoont mööda on asetatud soojendatava veega toru *B*.

paralleelse kimbu. Samuti on oluline näidata, et valgusallika nihe peafookusest kaugemale peeglist piki optilist telge viib selleni, et kiirtekimp muutub ühel või teisel määral hajuvaks.

See on vajalik autotuledega tee valgustamise ja valgustusprožektorite töö seletamiseks. Kujutiste saamist nõguspeegli abil ja kumerpeegli küsimusi ei õpita; kui aga jätkub aega, siis võib näidata

kujutist peeglites ja demonstreerida kumerpeegli hajutavat toimet (joon. 258—259-II).

7. Kasutamine tehnikas. Tutvutakse tasapeegli kasutamisega periskoobis vaatlusteks kaevikuist ning allveelaevast ja heliograafis telegrafeerimise otstarbeks (joon. 264). Nende riistade töötamise seletamine raskusi ei tekita. Nõguspeeglite tähtsust selgitatakse nende kasutamise najal sõjaväe-prožektorites ja auto esilaternates ning ka projektsiooniaparaatides ekraani tugevama valgustuse saa-



Joon. 266. Kujutis nurkpeeglis.

miseks. Uuesti tuleb mainida nõguspeegli kasutamist päikese energiaga töötavates aurukateldes ja seletada nende kasutamise tähtsust mõnedes maakohtades, näiteks Turkmeenias (joon. 265).

8. Ülesanded ja kodused tööd. Valguse peegeldumise kohta on olemas rida küsimus-ülesandeid, millede lahendamisel on tähtsust igapäevases elus, nagu näiteks järgmistel:

I. Kuidas mõjub toa valgustusele tumedate tapetite asendamine valgetega?
II. Missugune tähtsus on elektrilaualampide ja petrooleumilampide valgetel kuplitel?

Nagu nimetasime, tuleb kasutada ülesandeid tasapeeglilt peegeldunud kiirte ehitamise kohta, kusjuures nende lahendamisel kodus tuleb nõuda tingimata joonlaua ja malli kasutamist.

9. Laboratoorne töö. Laboratoorse töö korraldamine nii tasakui ka nõguspeegli peegeldumisseaduse kohta on soovitav. Selles töös tuleb abiks võtta nööpnõelte abil kiirte käigu tähistamise meetod.

10. Näitlikud õppevahendid. Periskoobi mudeli demonstreerimine, mida muide võivad kergesti valmistada õpilased ise, on kohus-

tuslik. On soovitav näidata diapositiive sõjaväe-prožektori ja päikesejõumasina kujutisega või kasutada raamatutest vastavate jooniste episkoobilist projitseerimist.

11. Klassivälised tööd. Ringides on võimalik valmistada periskoop, nurkpeegel (joon. 266) ja kaleidoskoop. On soovitav näidata heliograafi kasutamist Morse märkide edasiandmiseks. Tunduvat huvi pakuvad kujutiste saamise demonstratsioonid nõguspeegli abil ja samuti tema fookusekauguse määramine.

§ 109. Valguse murdumine.

Demonstratsioon-katsed ja laboratoorsed tööd vt. II k., §§ 54, 8, 55, 70, 4—6 ja 71, 1—5.

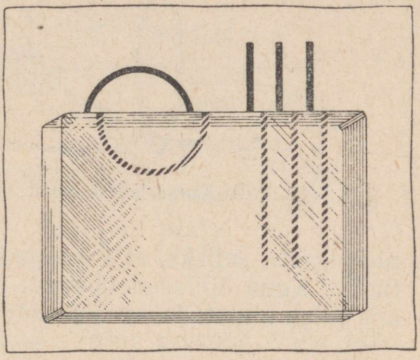
1. Sisu: a) Valguse murdumise mõiste. b) Kiirte käik prismas. c) Koondavad ja hajutavad läätsed. d) Koondava läätse fookusekaugus. e) Tõelise kujutise saamine läätse abil ja selle nähtuse kasutamine foto- ja projektsiooniaparaadis. f) Silm kui optiline riist. g) Prillid ja luup.

2. Metoodilisi märkmeid. Kõikidest optika teemadest on käesolev õpilasele kõige raskem, vaatamata sellele, et valguse murdumise nähtust õpitakse ainult kvalitatiivsest küljest. Üheks raskusi tekitavaks põhjuseks on vajadus meeles pidada võrdlemisi suurt hulka ja seejuures õpilastele varem mitte tuntud fakte. Teiseks põhjuseks on kasutusele võetavate mõistete rohkus ning keerukus ja lõpuks kolmandaks — vajadus nähtuste seletamiseks teha täpseid joonestisi. Teema läbivõtmisel tuleb katse lugeda mitte ainult kohustuslikuks, vaid tema ettevalmistuselegi tuleb pöörata kõige tõsisemat tähelepanu selleks, et demonstreerimisel saavutada suurimat lihtsust ja ilmekust. Katsed vajavad oma läbiviimiseks projektsiooniaparaati ja kahte-kolme läätse või äärmisel juhul prilliklaasi. Võib toime tulla ka projektsiooniaparaadist võetud läätsedega.

On olemas kaks arvamust murdumise küsimuse käsitluse kohta. Ühed arvavad, et kiirte käigu väljajoonestamine läätsedes on vajalik selleks, et joonestise põhjal õpilased saaksid anda seletuse eseme kujutise laadi ja suuruse kohta. Teised aga, viidates sellele, et joonestiste kasutamine tekitab raskusi ja võtab palju aega, arvavad, et kiirte käigu konstrueerimine on kohasem jätta füüsika teise kontsentrisse. Püüdes lihtsustada füüsika esimese kontsentri kursust, tuleb piirduda kõige vajalikumate joonestiste minimaalse hulgaga ja vaadelda kiirte käigu konstrueerimist läätsedes ainult kõige lihtsamatel juhtudel.

3. Valguse murdumise mõiste. Murdumisnähtus tehakse ilmsiks katsega kitsa paralleelsete kiirte kimbu abil, mis langeb veepinnale libisedes valget ekraani pidi, mille tõttu saab nähtavaks kiirte tee. Hea on ka murdumise demonstreerimine vanni abil, milles on fluorestseiini vesilahus. Õpetaja peab varem valima langemisnurga sel-

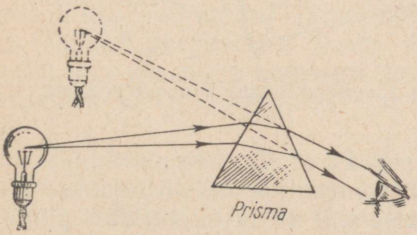
lisena, et langemis- ja murdumisnurga suuruses oleks täheldatav terav vahe. Pärast seda tehakse joonestis, millel näidatakse, kuidas tuleb ehitada langemis- ja murdumisnurk. Selle joonestise korralikule valmistamisele tuleb pöörata kõige tõsisemat tähelepanu ja samasugust valmistamist tuleb rangelt nõuda ka õpilastelt. Katsest tehtud järeldusi võib sõnastada näiteks järgmiselt: 1) üleminekul õhust vette kiir ei jää sirgjooneliseks, vaid murdub pinnal, mis lahutab neid keskkondi; 2) valguskiire üleminekul õhust vette on murdumisnurk väiksem langemisnurgast. Suurt kasu toob tasaparalleelsete plaadikeste jaotamine õpilastele selleks, et vaadelda nähtust, mis on sarnane joonisel 267 kujutatuga.



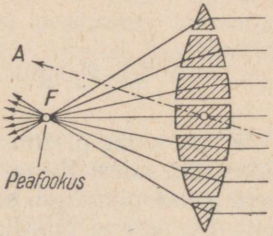
Joon. 267. Vaade ringjoone osast ja paralleelsetest sirgetest, mida vaadeldakse läbi tasaparalleelse plaadi.

Edasi tuleb katse varal tõestada veel järgmised juhtlaused: 3) veepinnaga risti olev kiir ei murdu ja 4) valguskiire üleminekul veest õhku osutub murdumisnurk suuremaks langemisnurgast ehk teiste sõnadega — langev ja murdunud kiir on pööratavad (vt. 1. juhtlause). Kõiki neid juhtlauseid illustreeritakse vastavate joonestistega, mida on kõige parem teha värviliste kriitidega. Harjutused kiirte käigu konstrueerimiseks on kohustuslikud.

Lõpuks teatatakse õpilastele, et kõik need järeldused on kehtivad mitte ainult keskkondadele õhk ja vesi, vaid ka õhk-klaas (joon. 267), õhk-petrooleum jt. keskkondadele. Keskkondade optilise tihe-



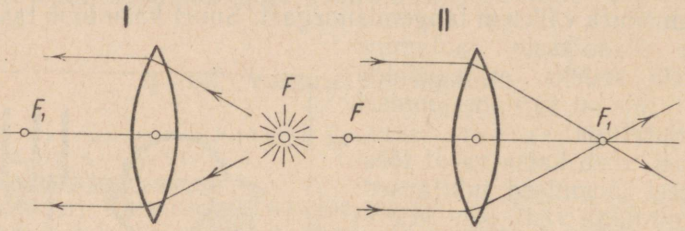
Joon. 268. Kiirte käigu konstrueerimine selleks, et seletada eseme nihet tema vaatlemisel läbi prisma.



Joon. 269. Lääts prismade ning tasaparalleelse plaadi kombinatsioonina.

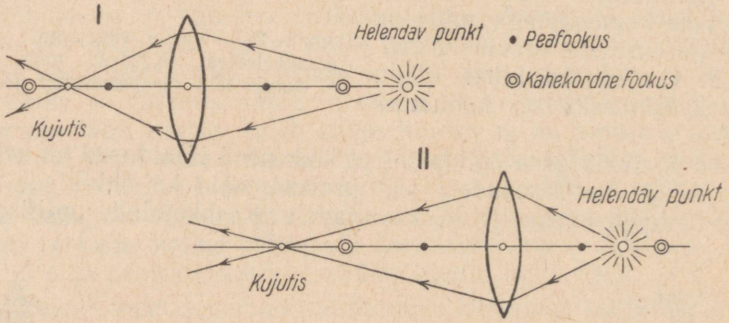
duse erinevuse mõistet ei kasutata. Kuna katse puhul kiire murdumisega alati võib täheldada valguse osalist peegeldumist, siis tuleb jutustada ka sellest nähtusest.

4. Kiirte käik läbi prisma.[1] Õpetaja peab esmalt seletama õpilastele, m i d a n i m e t a t a k s e p r i s m a k s, juhtides tähelepanu sellele, et selle geomeetrilise keha aluseks on kolmnurk. Vastava katse abil näidatakse, et prismat läbinud kiir osutub kõrvalekaldunuks tema laiema osa (kolmnurga aluse) poole. Nähtuse seletamiseks tuleb õpetada õpilasi konstrueerima kiirte käiku, tõmbama ristjooni ja järgima juhtlauseid 1 ning 4. Mõni harjutus konstruktsioo-



Joon. 270. Kumerläätse poolt murtud paralleelsete kiirte pööratuvus.

nide kohta, selleks, et kinnistada mälus nende printsiipi, on kohustuslik. Kuna õpilased näevad, et murdunud kiir osutub värviliseks, siis tuleb nimetada, et seda nähtust õpitakse hiljem.



Joon. 271. Hajuvate kiirte käigu tüüpilised juhud läbi kumerläätse.

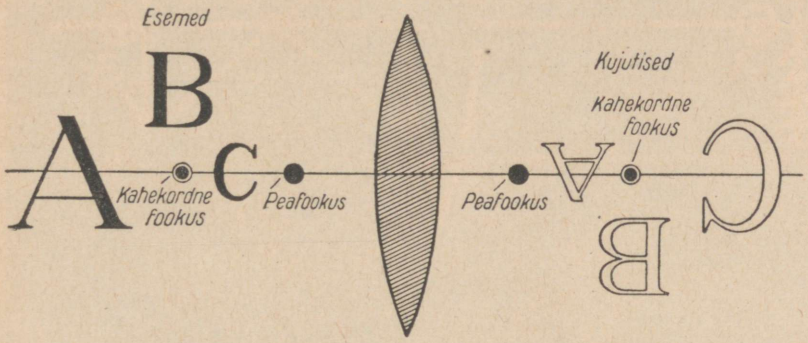
Kiirte käiku prismas õpitakse selleks, et seletada murdumist optilistes klaasides. Kuna aga läätse tsentraalset osa võrreldakse tasaparalleelse plaadiga, siis tuleb katse abil näidata, et plaadi pinnaga risti olev kiir ei murdu.

Samuti on võimalik joonise 268 abil seletada, miks prisma läbi vaadeldav ese näib ülestõstetuna.

5. Läätsed. Läätse defineeritakse kui klaasist või mingist teisest läbipaistvast materjalist valmistatud keha, mis on piiratud sfääriliste pindadega, milleks antakse vastav joonestis. Pole vaja-

[1] Õppida kiirte käiku läbi tasaparalleelse plaadi ei ole kohustuslik.

dust tutvuda läätsede igasuguste kujudega; on küllalt nimetada kaksikkumerat, tasakumerat ja kaksiknõgusat läätse, s. o. selliseid, mis esinevad järgneval õppimisel. Koondava ja hajutava läätse toimet seletatakse, vaadeldes neid kui kombinatsiooni tüvipüramiididest ja võttes läätse keskmist osa tasaparalleelse plaadina (joon. 269). Tuletatud reegli põhjal, et kiir kallutatakse prismas tema aluse poole, näidatakse siis katsega kaksikkumera läätse koondavat ja kaksiknõgusa läätse hajutavat toimet. Tasakumera läätse kohta esitatakse nähtus samuti katse abil.

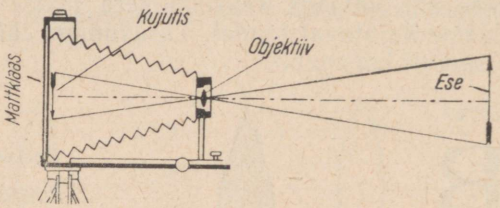


Joon. 272. Kujutise asukoht ja suurus sõltuvalt eseme asukohast läätse peafookuse suhtes.

6. Kujutise saamine koondava läätse abil. Koondava läätse käsitlemisel võetakse eelkõige kasutusele mõiste optilisest teljest kui sirgest F_1F, mis läbib läätse keskkohta ja on märkimisväärne selle poolest, et kiir läheb piki optilist telge murdumatult (joon. 270). Siis tõestatakse katse abil järgmised juhtlaused: 1) paralleelsed kiired, läbides koondava läätse, koonduvad ühes punktis, mida nimetatakse peafookuseks ja tähistatakse tähega F_1 (joon. 270-II), 2) kui valgusallikas paigutada läätse peafookusse, siis on kiired pärast tema läbimist paralleelsed (joon. 270-I) ja 3) peafookus on seda lähemal läätsele, mida kumeram ta on. Samuti võetakse kasutusele definitsioon fookuse kaugusest kui kaugusest peafookuse ja läätse vahel.

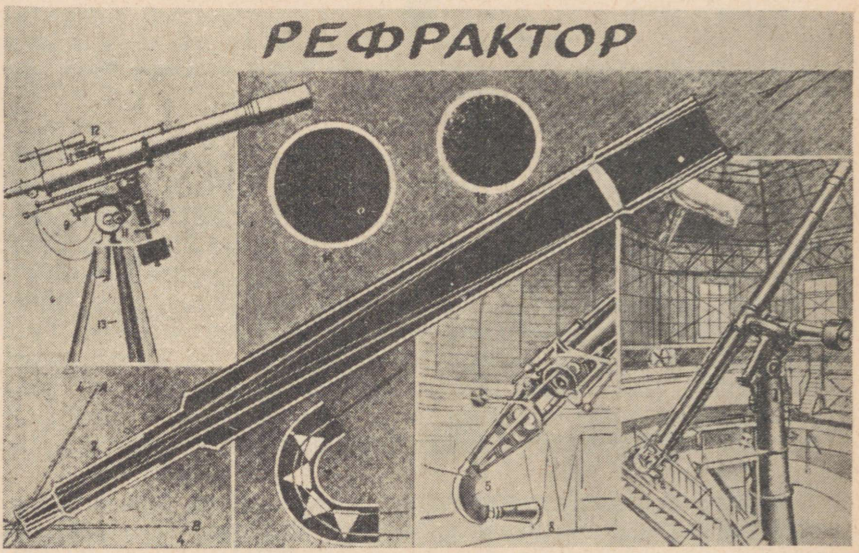
Pärast seda demonstreeritakse, et hajuvad kiired, mis langevad punktikujulisest valgusallikast, koonduvad ühes punktis ja annavad ekraanile selle valgusallika kujutise (joon. 271-I). On tähtis näidata, et kui ekraani lähendada läätsele või vastupidi — teda eemaldada läätsest, siis punkti kujutise asemel tekib ümmargune valge laik. Lähendades või eemaldades valgusallikat, demonstreeritakse katse abil, et kujutis muudab oma asukohta (joon. 271-II). Edasi siirdutakse helendava eseme (lambikese või küünla) demonstreerimisele ja tõestatakse kaks põhimist asjaolu: 1) kui ese asetseb fookuse ja kahekordse fookuse vahel, siis tema kujutis on tõeline, suurendatud ja ümberpöördud ja 2) kui ese asetseb kaugemal fookuse

kahekordsest kaugusest, siis kujutis on tõeline, vähendatud ja ümberpöördud. Meelespidamiseks on kasulik riputada klassi joonestis, mis on sarnane joonisel 272 näidatuga. Koondava läätse abil saadavate kujutiste (270-I) konstrueerimine ei ole kohustuslik, nagu nimetasime, kuid on soovitav.



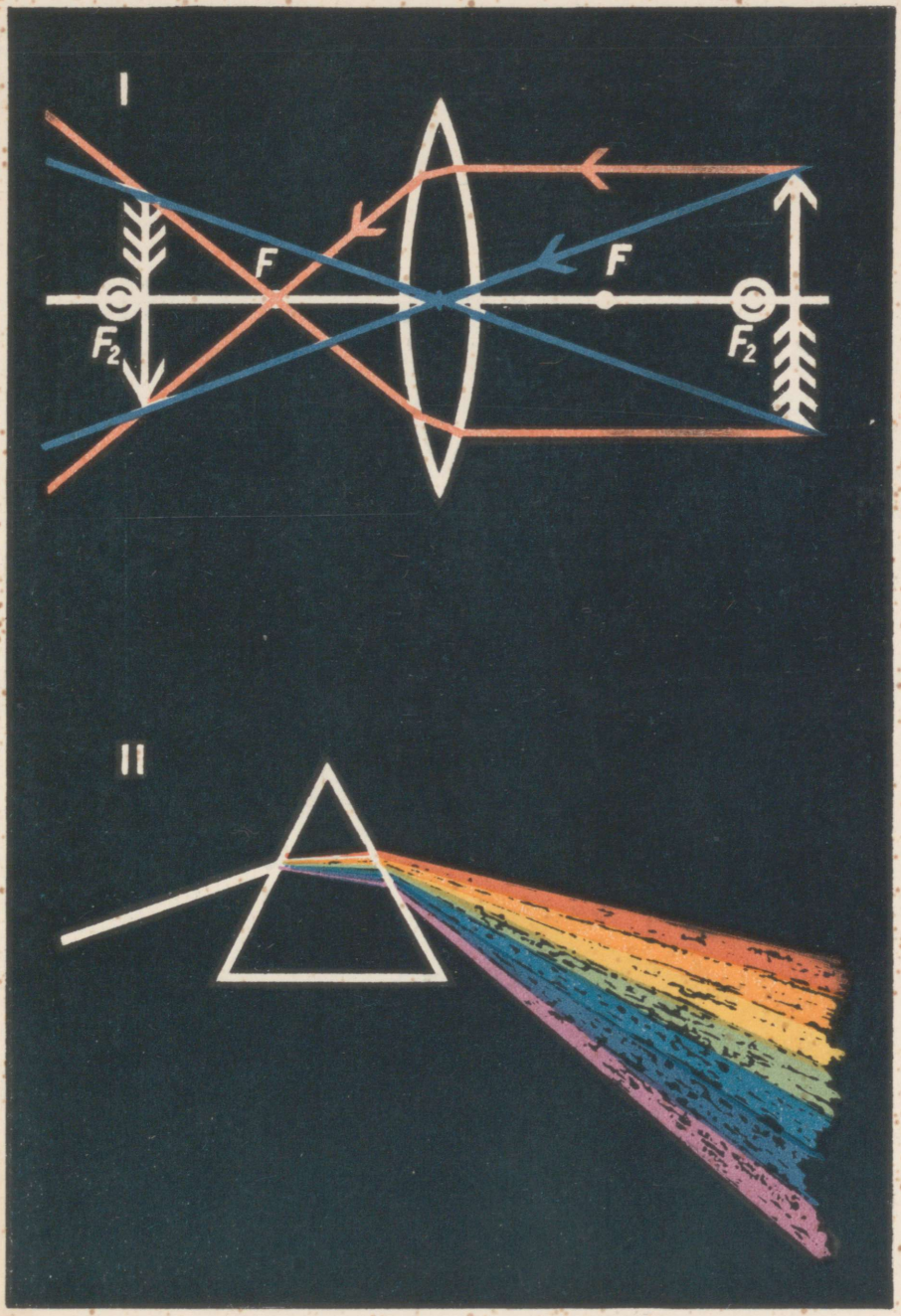
Joon. 274. Tsentraalsete kiirte käigu kujutamine fotoaparaadis.

Kujutise suuruse ja tema laadi sõltuvuse põhjal eseme asendist peafookuse suhtes tehakse selgeks projektsiooni ja fotoaparaadi (joon. 274) töötamine.



Joon. 275. Pilt „Refraktor".

7. **Läätsede kasutamine tehnikas.** Tuleb selgitada läätsede kasutamise tähtsust igat liiki optilistes riistades, nimelt: refraktoris, pikksilmas, binoklis, kaugusemõõtjas ja mikroskoobis, näidates nende välist kuju kas või piltidel (joon. 275), ja nimetada ka suurt tähtsust, mis enamikul neist on sõjatehnikas. Nende riistade ehitust ei õpita; erandiks on projektsiooniaparaat ja fotoaparaat; kuid ka

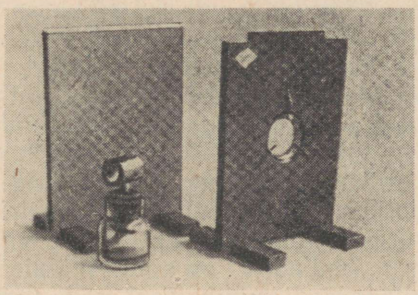


Joon. 273. Värviliste kriitide kasutamine kujutiste ehitamisel läätses (I) ja valguse värvusteks lagunemise kujutamisel (II).

neid vaadeldakse kõige üldisemates joontes. Antakse projektsiooniaparaadi ehituse skeem ja nimetatakse tema üksikuid osi (reflektor, kondensor ja objektiiv), näidates ära nende otstarbe. Täpselt samuti antakse teatmeid diapositiivist ning tema valmistamisest (joon. 48—51). Samasuguseid teatmeid tuuakse fotoaparaadi kohta (joon. 274), andes seejuures kõige üldisema kujutluse pildistamise, ilmutamise ja negatiivist äratõmmete saamise protsessist. Projektsiooniaparaadi töö ja fotoaparaadi välise kuju demonstreerimine on kohustuslik.

Õpilasi tuleb informeerida sellest, et kuni Oktoobrirevolutsioonini ei toodetud Venemaal optilisi klaase. Nõukogude teadlaste tööde tulemusena Riiklikus Optika Instituudis laštakse kõik optilised riistad välja meie kodumaa tööstuse poolt.

8. **Luup.** Luubi töötamise tundmaõppimine on vältimatu, kuna see riist leiab kasutamist töödel bioloogias ja samuti igapäevases elus. Tuleb jaotada õpilastele prilliklaase, et nad omandaksid oskuse kasutada luupi, vaadeldes väikseid esemeid, näiteks sule otsa, käe nahka jms. Pärast seda kui õpilased veenduvad, et saadud kujutis



Joon. 276. Optiline pink laboratoorseteks töödeks.

on päripidine ja suurendatud, selgitatakse, miks kujutist nimetatakse ebakujutiseks, s. o. näivaks ehk tõeliselt mitte olevaks.

9. **Silm.** Vaatamata sellele, et inimese silma vaadeldakse bioloogias, tuleb füüsika tunnis näidata vastavat pilti või silma mudelit ja anda vastavaid seletusi. Täiesti vältimatu on samuti puudutada prillide otstarbe ning töötamise küsimust, võttes abiks selgitavaid pilte. On kasulik, kuid mitte kohustuslik, jutustada kõige lühemalt fookusekauguse tähistamisest märkidega + ning — ja dioptriate arvuga.

10. **Laboratoorsed tööd.** Laboratoorsete tööde arv, mida saab korraldada murdumise küsimuse kohta, on üldiselt suur. Tutvustades õpilasi kiirte käigu tähistamisega nööpnõelte abil, võib anda teha mõned tööd kodus. Klassis on kohustuslik sooritada kaks tööd, milledest üks tutvustab kiirte käiguga murdumisel, teine, mida soori-

tatakse optilise pingi abil, on selleks, et tutvustada kujutiste saamist koondava läätse abil.

11. Näitlikud õppevahendid. Peale nimetatud seinapiltide — prillid, inimese silma ja astronoomilise pikksilma ehitus — on soovitav näidata pilte mikroskoobi kujutisega, ilma tundma õppimata tema ehitust.

12. Klassivälised tööd. Õpilastega võib korraldada astronoomilise pikksilma ja mikroskoobi mudeli koostamise laboratoorseid töid. Suurt huvi tekitab harilikult õpilastes kinoaparaadi ehituse vaatlemine.

§ 110. Valguse koostis.

Demonstratsioon-katsed vt. II k., §§ 21 ja 56.

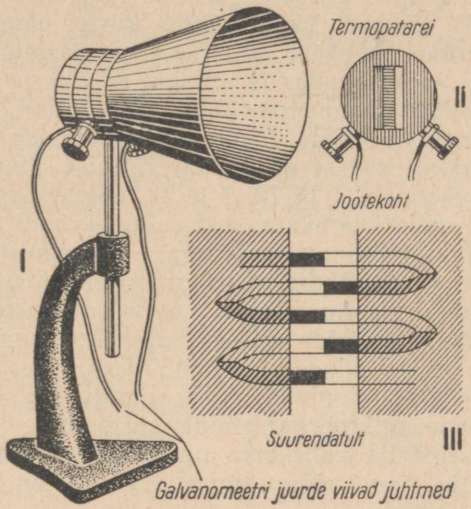
1. Sisu: a) Valge kiire lahutamine prismaga värvilisteks kiirteks. b) Valge valguse saamine vastavate värviliste kiirte liitmisel. c) Kehade värvus. d) Nähtamatud kiired. e) Spektraalanalüüsi mõiste.

2. Metoodilisi märkmeid. Teema on optikaosa lõppteemaks. Kokkuvõttelist tähtsust tal ei ole, sest temas vaadeldakse juba mitte geomeetrilise, vaid füüsikalise optika küsimust. Teemas käsitledavad küsimused on niivõrd elementaarsed ja lihtsad, et nad harilikult ei tekita õpilastele raskusi arusaamiseks. Kuid see on õige ainult sel välditamatul tingimusel, et käsitlemisel demonstreeritakse vastavaid katseid. Kui niisugused demonstreerimised puuduvad ja õpilased ei näe loomulikus olekus küllalt laia spektrit, millel nad võiksid selgelt eritella iseloomulikke värvusi, siis teema käsitlemine kaotab oma mõtte ning „teadmised" on ainult mälule liigseks ballastiks. Isegi projektsiooniaparaadi puudumisel võib (prisma abil, mis on kokku kleebitud kolmest fotoplaadist ning täidetud veega, või mistahes akvaariumi nurga abil) saada ereda ja küllalt pika Päikese spektri mistahes, isegi poolpimendatud ruumis. Suurimad raskused tekivad nähtamatute kiirte käsitlemisel, sest nende ilmsikstegemine spektris on enamikel juhtudel võimatu seitsmeklassilises koolis, sest on vaja võrdlemisi võimast kaart projektsiooniaparaadi jaoks ja samuti termopatareid peegelgalvanomeetriga ning fluorestseerivat ekraani. Infrapunaste kiirte kohta tuleb korrata katseid kiirte kiirgamisega ja neeldumisega, s. o. uuesti vaadelda küsimust, mis on vähe jõukohane 6. klassi õpilastele. Tuleb anda kas või kõige üldisemaid kujutlusi gaaside spektritest selleks, et oleks võimalik osutada spektraalanalüüsiga avanevatele võimalustele, sealhulgas mitmesuguste taevakehade koostise uurimiseks. Neeldumisspektreid, kuigi neil on põhitähtsus astrofüüsikalistes uurimustes, ei tule käsitella küsimuse keerulisuse pärast.

3. Valge kiire lahutamine värvilisteks kiirteks. Spektri õppimisele lähenetakse sel teel, et esitatakse küsimusi kehade mitmesu-

guste värvuste olemasolu põhjuste kohta looduses ning näidatakse värvilisi klaase ja värvitud leeki. Spektrit demonstreeritakse ekraanil ja kirjeldatakse samaaegselt tema saamise viisi ning antakse tema saamise skeem prisma ja kiirte kimbu abil, mis on läbinud kitsa pilu.

Järeldustena sellest katsest peavad kujunema järgmised juhtlaused: 1) harilik (valge) valgus koosneb mitmesuguse värvusega kiirte segust; 2) spektri saamise põhjus seisab selles, et värvilised



Joon. 277. Koolitüüpi termosammas

kiired kallutatakse prisma poolt mitteühesuguselt: kõige tugevamalt — violetsed ning nõrgemalt — punased ja 3) kõige märgatavamad värvilised kiired asetuvad spektris järgmiselt: punane, oranž, kollane, roheline, helesinine, sinine ja violetne (joon. 273-II). Samuti tuleb tingimata näidata värvuste segamist valge valguse saamiseks mitte ainult läätse abil, vaid ka Newtoni ketta abil.

Lõpuks tuleb demonstreerida, missugused muutused toimuvad spektris, kui valge kiire teele asetada mitmesuguseid värvilisi klaase. See katse on järelduse tegemiseks, et värviline klaas laseb endast läbi mitte kõiki värvilisi kiiri, vaid ainult teatavaid, ning samuti seletuseks nähtusele, mida täheldatakse esemete vaatlemisel läbi valgusfiltrite.

4. Kehade värvus. Kehade värvilise värvuse põhjust ei ole raske selgitada õpilastele, kui näidata katsega, et värvitud pinnad ei peegelda mitte kogu valget valgust, vaid ainult üksikuid neile vastavaid kiiri. Samuti on kasulik, saades spektrit, demonstreerida värvuste muutumist erinevalt värvitud paberite või riide puhul, mida

valgustatakse mitmesuguste värviliste kiirtega. See on muuseas seletuseks kehade värvuse muutumisele õhtusel kunstlikul valgustusel. Kustumatut muljet, mis pealegi selgitab küsimuse olemust, avaldab õpilastele elavhõbeda- või parem — naatriumilambi demonstreerimine, mille valgusel on märgata ümbritsevate kehade värvuste järsku muutumist.

5. **Nähtamatud kiired.** Küsimuse algatamiseks nähtamatute kiirte kohta tuleb meenutada õpilastele, et Päike on Maakerale mitte ainult valguse, vaid ka soojuse allikaks, ja et soojuse edasiandmise viiside tundmaõppimisel tõestati nähtamatute kiirte olemasolu. Pärast seda tehakse termosambakese abil ilmsiks infrapunaste kiirte olemasolu vastavas spektri kohas ja antakse seletus nende nimetusele. Infrapunaste kiirte demonstreerimine tutvumiseks nende omadustega on kohustuslik. Katsed kiirte peegeldumise ning neeldumisega, mis korraldati pärast optika läbivõtmist, muutuvad õpilaste arusaamisele jõukohasteks (§ 72, 2 ja 7). Ultravioletsete kiirte ilmsikstegemine on palju keerukam, sest vajab ekraani kasutamist, mis on kaetud baarium-plaatinatsüanüüriga. Ultraviolettkiirte omadusi (neeldumist, peegeldumist ning murdumist) ei saa seitsmeklassilises koolis katsete varal tundma õppida; neist omadustest tuleb ainult jutustada. On tähtis märkida ultraviolettkiirte keemilist toimet, mis muuseas tuleb ilmsiks mõnede värvuste pleekimises (riide pleegitamine), kiirte mõjus fotoplaadile ja samuti bioloogilises toimes (päevitus, mõnede mikroorganismide surmamine, arstlik toime). Lõpuks tuleb jutustada vahekorra muutumisest mitut liiki kiirtes, mida kiirgab keha tema hõõgutamisel. Samuti on kasulik näidata fosforestsentsi-nähtust.

6. **Gaaside spektrid. Spektraalanalüüsi mõiste.** Näidete varal teatatakse õpilastele, et hõõguvad tahked ja vedelad kehad (näiteks sulametallid) annavad pideva spektri. Pärast seda demonstreeritakse mingi metalli aurude ja mõnede gaaside spektreid, juhtides tähelepanu sellele, et nende spektrid on joonelise iseloomuga. Spektrite tabeli põhjal näidatakse, et igale elemendile on omane kindel spekter, mis koosneb üksikutest iseloomulikest joontest. Edasi tutvustatakse õpilasi sellega, kuidas valgust kiirgava keha spektri järgi võib otsustada tema keemilise koosseisu üle, s. o. printsipiaalselt põhjendada spektraalanalüüsi. Lõpuks nimetatakse, et Päikese, tähtede, udukogude ja teiste taevakehade spektrite tundmaõppimine võimaldas teada saada, missugustest keemilistest elementidest nad koosnevad.

7. **Laboratoorne töö.** Kui kooli käsutuses on küllalt taskuspektroskoope, siis on kasulik sooritada õpilastega pideva ja joonspektri vaatlemiseks laboratoorne töö. Eriti rikkalike joontega spekter saadakse neoonlambilt.

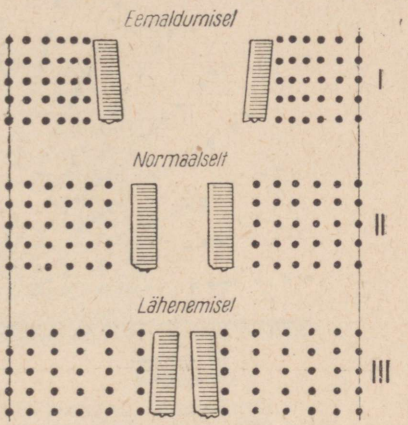
8. **Näitlikud õppevahendid.** Vajalikud on pideva spektri ja joonspektrite (vesiniku, heeliumi ja neooni) tabelid.

§ 111. Algteadmisi häälest.

Demonstratsioon-katsed vt. II k., § 57.

1. **Sisu:** a) Võnkuva liikumise mõiste. b) Hääle kiirus. c) Tooni kõrgus. d) Resonants. e) Kõrv ja inimese hääleaparaat. f) Telefon ja grammofon.

2. **Metoodilisi märkmeid.** Nagu näitasime § 52, I ja § 54, tuleb üldhariduslikel sihtidel füüsika esimesse kontsentrisse tingimata võtta algteadmisi häälest. Raskused, mis tekivad akustika õppimisel seitsmeklassilises koolis, seisavad selles, et ühel või teisel määral tuleb tutvustada õpilasi neile tundmatu energia levimise liigi mehhanismiga helilainete kujul. Kuid ülesannet võib piirata ja anda sellest protsessist ainult kõige üldisemaid kujutlusi, mis võimaldaksid tundma õppida hääle tähtsamaid nähtusi, mida õpilased panevad tähele ümbritsevas elus. Seepärast pole vajadust kasutusele võtta amplituudi mõistet, võnkumise olemust ja lainepikkust. On täiesti võimalik ainult piirduda heliseva keha ümber perioodiliselt teineteisele järgnevate õhu tiheduste ja hõrenduste tekkimise küsimustega ning hääle lainete levimisega analoogia põhjal lainetega vedeliku pinnal. Teema läbivõtmisele on iseloomulik tunduv hulk katseid, millede alusele ehitatakse kõigi nähtuste tundmaõppimine.

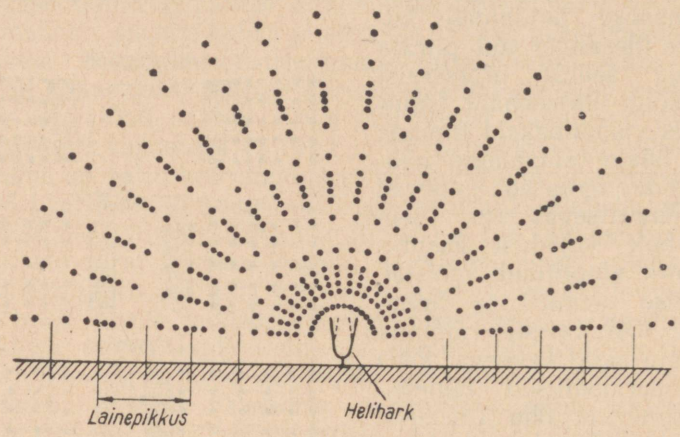


Joon. 278. Helihargi harude võnkumistel tekkivate lainete seletamise skeem.

3. **Võnkeliikumise mõiste.** Võnkeliikumise kohta antakse kujutlus pendli ning joonlaua või metallist saelehe abil, mis ühe otsaga on pigistatud kruustangide vahele ja on küllalt painduv ja pikk, et õpilased võiksid selgesti näha tema võnkumist. Neil katsetel tehakse kindlaks võnkumise sageduse mõiste ja näidatakse siis, et teataval sagedusel võnkuv plaadike muutub hääle allikaks. Samuti selgitatakse helihargi ehitust ja töötamist. Demonstreerides katset õhupumba kupli alla paigutatud kõlistiga, tõestatakse, et hääl saabub inimese kõrva ainult õhu kaudu. Pärast seda, võttes abiks joonestisi, mis on sarnased joonisel 278 kujutatuga, selgitatakse õhu tiheduste ning hõrenduste tekkimist võnkuva plaadikese või helihargi harude ümber. Nende tihenduste ning hõrenduste levimise kohta antakse kujutlus katse abil ülesriputatud traadist spiraaliga või lainete levimisega vedeliku pinnal. Üksteise järel levivat hõrendust ning tihendust nimetatakse häälelaineks (joon. 279). Lõpuks teata-

takse, et häält juhib mitte ainult õhk, vaid et tahked ning vedelad kehad on häält juhtivad ja isegi suuremal määral kui õhk. Häält hästi juhtivate kehade hulka kuulub vesi, millist nähtust kasutatakse sõjaasjanduses allveelaevade ning teiste laevade avastamiseks nende kruvide müra järgi.

4. Hääle kiirus. Kujutlust sellest, et hääl ei levi silmapilkselt, vaid teatava kiirusega, põhjendatakse näidetega igapäevasest elust (välk ning kõu jt.) ja ka kaja nähtusega, mida seletatakse ühtlasi kui hääle peegeldumist. Kui hääle kiiruse mõõtmisel põhiviisile



Joon. 279. Skeem häälelainete tekkimise mehhanismi seletamiseks.

tuleb osutada ajavahemiku määramisele kahe üheaegse valgusning häälesignaali vahel (näiteks tulesähvatus laskmisel ning tema hääl), mida antakse tunduvast kaugusest.

Hääle kiirust võib määrata ilma viiteta tema sõltuvusele temperatuuritingimustest, võrdsena 340 m/sek, mis vastab hääle kiirusele temperatuuris 15° C. Hääle kiirust teistes kehades võib jätta nimetamata. Harjutamiseks, kuid ka nähtuste seletamiseks tuleb lahendada mõned ülesanded hääle kiirusega seotud küsimuste alalt.

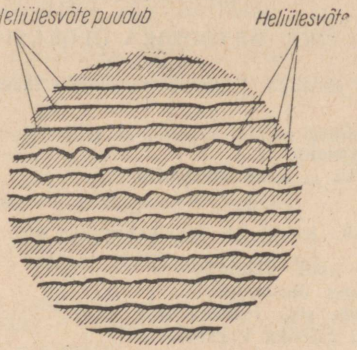
5. Tooni kõrgus. Hääle omadust, mida nimetatakse tooni kõrguseks, selgitatakse näidetega (bass — madal toon, sopran — kõrge toon). Tooni kõrguse sõltuvust võnkumiste arvust demonstreeritakse Savart'i ketastega. Tuleb nimetada õpilastele, et hääle allikaks on võnkuv keha, kui ta võngete arv on umbes 40-ne kuni 16 000 piirides sekundis.

6. Kõrv ja inimese hääleaparaat. Mudeli järgi või pildi abil tuleb tutvustada õpilasi inimese kõrva ehitusega, laskumata tema osade detailsesse seletusse. Sarnane üldjooneline seletus antakse ka inimese hääleaparaadi kohta.

7. **Resonants.** Resonantsinähtust demonstreeritakse heliharkidega ning selgitatakse mehaanilise resonantsi abil pendlitel. Peale selle osutatakse hääle resonantsi nähtuse tähtsusele muusikariistades.

8. **Telefon ja grammofon.** Teema lõpuks vaadeldakse mikrofoni ja telefoni ehitust ning selgitatakse nende töötamist. Grammofoni õpitakse tundma sel juhul, kui on võimalus teda demonstreerida. Heliülesvõte ja helireprodutseerimise mehhanismi printsiibi vaatlemine raskusi ei tekita (joon. 280).

9. **Kasutamine tehnikas.** Ehitusasjanduse valdkonnast tuleb õpilasi informeerida hääleisolatsiooni materjalidest ja nende kasu-



Joon. 280. Osa grammofoniplaadist, suurendatult.

tamise tähtsusest. Peale 3. jaos nimetatud küsimuste sõjatehnika alalt on soovitav tutvustada õpilasi helimõõtmise tähtsusega ning sealhulgas helipüüdjate otstarbega.

10. **Ülesanded ja kodused tööd.** On olemas suur hulk küsimusülesandeid, mis puudutavad häälenähtusi looduses ja igapäevase elu tingimustes, milledest õpetaja võib valida kõige olulisemaid.

11. **Klassivälised tööd.** Klassivälistel töödel soovitatakse jutustada telefoni ja mikrofoni leiutamise ajaloost.

SISUKORD.

Autori eessõna 3

ESIMENE OSA.

FÜÜSIKA METOODIKA ÜLDKÜSIMUSED.

I peatükk. **Füüsika metoodika ülesanded.**

§ 1. **Füüsika kui teadus** 9
§ 2. **Füüsika kui õppeaine** 10
§ 3. **Füüsika metoodika ja tema ülesanded** 11

II peatükk. **Keskkooli füüsikakursuse sisu ja ülesanded.**

§ 4. **Seitsmeklassilise kooli üldülesanded** 12
§ 5. **Füüsika algkursuse ülesanded** 13
§ 6. **Opilaste teadmiste sisu füüsika alal** 14
§ 7. **Katse ja teooria füüsika kursuses** 15
1. Katse füüsika kursuses. 2. Katsete ülesanne ja katsete korraldamise viisid.
§ 8. **Füüsikaliste teooriate elemendid füüsika algkursuses** 18
1. Füüsikalised mõisted kui teadusliku mõtlemise elemendid. 2. Mõistete kujunemise käigust. 3. Füüsikalised teooriad füüsika algkursuses.
§ 9. **Füüsika ja tehnika ajaloo elemendid füüsika õpetamises** 22
1. Füüsika ajaloo tähtsus tema õpetamisel. 2. Ajalooline temaatika põhikursuses. 3. Ajalooline temaatika klassivälistel töödel. 4. Ajaloolise materjali sissevõtmise metoodika. 5. Kirjandus füüsika ajaloo alalt.
§ 10. **Polütehniline haridus ja füüsika õpetamise ülesanded** 34
1. Polütehnilise hariduse ülesandest. 2. Tehnika illustreeriv osa. 3. Tehnikaga tutvustamise viisid. 4. Polütehnilist laadi oskused. 5. Kirjandust tehnika alalt.
§ 11. **Füüsika õpetamise kasvatuslikud ülesanded koolis** 37

TEINE OSA.

FÜÜSIKA ÕPETAMISE MEETODID.

III peatükk. **Füüsika tundide organiseerimine.**

§ 12. **Füüsika tundide struktuur** 40
1. ÜK(b)P KK määrus. 2. Füüsika tundide liigid. 3. Tunni ülesehituse skeem. 4. Uute teadmiste andmise meetodid. 5. Teadmiste edasiandmise näitlikud võtted. 6. „Elavalt kaemuselt . . .“ 7. „. . . abstraktsele mõtlemisele.“ 8. „. . . praktikale.“
§ 13. **Füüsika tunni ettevalmistamine** 53

IV peatükk. **Demonstratsioonid füüsika alal.**

§ 14. **Demonstratsioonide liigid** 56
§ 15. **Katsete demonstreerimise tähtsus** 56

V peatükk. **Näitlikud õppevahendid.**

§ 16. **Näitlike õppevahendite tähtsus ja liigid** 59
§ 17. **Masinad ja masinaosad** 60
§ 18. **Kollektsioonid** 66
§ 19. **Pildid** 68
1. Piltide ülesanne ja liigid. 2. Seinapildid ja väljajagatavad pildid. 3. Monteeringud.
§ 20. **Graafikud** 76
§ 21. **Diagrammid** 79
§ 22. **Diapositiivid ja episkoobiline projitseerimine** 82
§ 23. **Kino** 85
1. Kino tähtsus. 2. Kinofilmide liigid ja loetelu. 3. Kino kasutamise metoodika. 4. Ettevalmistus kinoprojektsiooniks. 5. Kirjandus.

VI peatükk. **Joonistamine ja joonestamine füüsika tundides.**

§ 24. **Jooniste tähtsus** 95
§ 25. **Tähtsamaid metoodilisi nõudeid jooniste kohta** 100

VII peatükk. **Laboratoorsed tööd.**

§ 26. **Laboratoorsete tööde tähtsus ja liigid** 104
1. Laboratoorsete tööde tähtsus. 2. Laboratoorsete tööde liigid.
§ 27. **Laboratoorsete tööde metoodika** 110
1. Laboratoorsete tööde koht tunnis. 2. Uurimislaadi tööd. 3. Laboratoorse töö plaan. 4. Õpilaste ettevalmistamine tööks. 5. Töö teostamine. 6. Tulemuse töötlemine ja kasutamine.
§ 28. **Laboratoorsete tööde organiseerimine ja kirjandus** 116
1. Organiseerimine. 2. Kirjandus.

VIII peatükk. **Ekskursioonid.**

§ 29. **Ekskursioonide ülesanne ja nende liigid** 121
1. Ekskursioonide eesmärgid. 2. Ekskursiooni plaan.
§ 30. **Ekskursioonide temaatika** 123
1. Hoone kui ekskursiooni objekt. 2. Energiamajandus. 3. Metallide töötlemine. 4. Transport. 5. Põllutöömasinad ja riistad. 6. Ekskursioonid loodusse.
§ 31. **Ekskursioonide organiseerimine ja teostamine** 129
1. Õpetaja ettevalmistus ekskursiooniks. 2. Õpilaste ettevalmistamine ekskursiooniks. 3. Ekskursiooni teostamine. 4. Lõppvestlus. 5. Kirjandus.

IX peatükk. **Ülesanded füüsikast.**

§ 32. **Ülesannete lahendamise põhieesmärgid** 132
§ 33. **Treeningülesanded** 134
1. Treeningülesannete sisu. 2. Nõuded õpilastele.
§ 34. **Füüsikalised ülesanded** 135
1. Füüsikaliste ülesannete põhimine iseärasus. 2. Füüsikaliste ülesannete lahendamise tähtsus. 3. Lahendamise võtted. 4. Ülesannete tingimuste sisu.

§ 35. **Küsimus-ülesanded** 144
1. Küsimus-ülesannete tähtsus. 2. Küsimus-ülesannete sisu.
§ 36. **Huvitavad ülesanded** 149
§ 37. **Ülesanded graafikute kasutamisega** 152
§ 38. **Matemaatika füüsika tundides** 153
1. Matemaatiliste teadmiste ulatus. 2. Valemite tarvituselevõtmine ja nende kasutamine ülesannete lahendamisel. 3. Funktsionaalsest sõltuvusest.
§ 39. **Ülesannete lahendamise tehnika ja üleskirjutuste kujundamine** . . . 157
§ 40. **Lahendamiseks valitavate ülesannete järjekord** 160
§ 41. **Kirjandus** 162
1. Ülesannete lahendamise metoodika. 2. Ülesannete kogud.

X peatükk. **Töö plaanimine ja arvestamine füüsika alal. Kordamine.**

§ 42. **Töö plaanimine** 165
1. Üldplaani tähtsus. 2. Aasta kalenderplaani koostamine. 3. Temaatiline plaan. 4. Temaatilise plaani skeem: „Arhimedese seadus vedelikkude kohta". 5. Tunni plaan. 6. Plaani täitmise kontroll.
§ 43. **Õpilaste teadmiste arvestamine** 171
1. Arvestamise tähtsus. 2. Arvestamise sisu. Hinded. 3. Koduste ülesannete arvestamine. 4. Õpilaste suuline küsitlemine. 5. Kirjalikud kontrolltööd. 6. Füüsika eksamid.
§ 44. **Läbivõetu kordamine** 177
1. Kordamise tähtsus. 2. Kordamise ühendamine teadmiste arvestamisega. 3. Kordamine kui töö eriliik.

XI peatükk. **Füüsika õpperaamat.**

§ 45. **Füüsika õpik** 180
1. Õpiku osa ja tähtsus. 2. Füüsika õpikud. 3. Õpilaste üleskirjutused vihikutes.
§ 46. **Õpilaste klassiväline lugemine** 183
§ 47. **Õpetaja raamatukogu** 184
1. Raamatukogu tähtsus. 2. Füüsika-alaseid raamatuid. 3. Raamatuid füüsika ajaloo alalt. 4. Raamatud tehnika alalt. 5. Metoodiline kirjandus.

XII peatükk. **Füüsika klassivälised tööd.**

§ 48. **Klassiväliste tööde liigid ja tähtsus** 188
1. Klassiväliste tööde tähtsus. 2. Klassivälise töö liigid.
§ 49. **Klassivälised tööd** 192
1. Õpetaja loengud. 2. Kinoseansid. 3. Õpilaste referaadid ja ettekanded. 4. Täiendavad laboratoorsed tööd. 5. Demonstratsioonide ja laboratooorsete tööde ettevalmistamine. 6. Huvitava füüsika õhtute tähtsus ja sisu. 7. Huvitavad katsed, mänguasjad ja pildid. 8. Kirjandus huvitava füüsika õhtute jaoks. 9. Seinaleht.
§ 50. **Ringid** 211
1. Ringide liigid. 2. Metoodilised nõuded ringidele. 3. Kirjandus.
§ 51. **Lisatöö mahajäänutega ja väga edukatega** 216

KOLMAS OSA.

PROGRAMMI ERI TEEMADE KÄSITLEMISE METOODIKA.

XIII peatükk. **Füüsika õppeprogramm.**

§ 52. **Kesk- ja seitsmeklassilise kooli füüsika õppeprogrammi üldvaade** . . . 218
1. Füüsika kursuse üldülesanded. 2. Seosest teiste ainetega. 3. Õppetundide võrk. 4. Kursuse üldsisu.

§ 53. **Materjali radiaalne, kontsentriline ja astmeline paigutamine** 221
1. Füüsika käsitlemine liikumise vormide keerukamaks muutumise korras. 2. Materjali paigutamise kolm süsteemi.

§ 54. **Seitsmeklassilise kooli programmi üldine sisu** 223

XIV peatükk. **Metoodilisi juhendeid jaole: „Lihtsamad füüsikalised mõõtmised".**

§ 55. **Jao sisu** 226
§ 56. **Metoodilisi märkmeid** 227
§ 57. **Sissejuhatav vestlus füüsika õppimisele** 230
§ 58. **Pikkuse, pindala ja ruumala mõõtmine** 234
§ 59. **Kaalu mõõtmine. Erikaal** 241
§ 60. **Jõud ja selle mõõtmine** 246

XV peatükk. **Metoodilisi juhendeid osale: „Tahkete kehade, vedelike ja gaaside omadused".**

§ 61. **Osa sisu** 252
§ 62. **Sissejuhatav vestlus** 253
§ 63. **Tahke keha omadusi. Rõhk** 253
§ 64. **Vedelikkude omadusi** 260
§ 65. **Arhimedese seadus vedelikkude kohta** 265
§ 66. **Gaaside omadusi** 267
§ 67. **Arhimedese seadus gaaside kohta** 275

XVI peatükk. **Metoodilisi üldmärkmeid osale „Soojus".**

§ 68. **Programmide variandid soojuse küsimuses** 277
§ 69. **Molekulaar-kineetilise teooria tähtsus** 278
§ 70. **Sissejuhatav vestlus osale „Soojus"** 279
§ 71. **Kehade paisumine soojenemisel** 280
§ 72. **Soojuse edasiandumine** 285
§ 73. **Soojushulk** 293
§ 74. **Sulamine** 298
§ 75. **Keemine ja aurumine** 302
§ 76. **Molekulaar-kineetilise teooria algmed** 305

XVII peatükk. **Metoodilisi juhendeid osale: „Algteadmised mehaanikast".**

§ 77. **Programmi sisu** 308
§ 78. **Metoodilisi märkmeid mehaanika õppeprogrammile** 310
§ 79. **Sissejuhatav vestlus** 311
§ 80. **Liikumise liigid. Inerts** 312
§ 81. **Hõõrdumine** 315
§ 82. **Töö ja võimsus** 318
§ 83. **Lihtmehhanismid** 321
§ 84. **Energia mõiste** 325
§ 85. **Jõumasinad** 333

XVIII peatükk. Metoodilisi märkmeid elektri kursuse kohta.

§ 86. Elektri kursuse koht ja sisu 342
§ 87. Põhimõistete kasutuselevõtmisest elektriõpetuses 344
§ 88. Elektronikujutluste algmed 345
§ 89. Analoogiad elektri õpetamisel 347

XIX peatükk. Metoodilisi juhendeid osale „Elekter".

§ 90. Sissejuhatav vestlus 352
§ 91. Elektrostaatika algmed 352
§ 92. Elektrivool, tema tunnused ja suund 357
§ 93. Elektrivoolu allikad 359
§ 94. Elektrivooluring 363
§ 95. Elektrivoolu tugevus 367
§ 96. Takistus 372
§ 97. Voolu pinge, töö ja võimsus 376
§ 98. Ohm'i seadus 380
§ 99. Elektrienergia muundumine soojusenergiaks 383
§ 100. Magnetism ja elektromagnetism 390
§ 101. Elektrienergia muundumine mehaaniliseks energiaks 398
§ 102. Mehaanilise energia muundumine elektrienergiaks 409
§ 103. Elektrienergia edasiandmine ja jaotamine 415

XX peatükk. Metoodilisi juhendeid osale: „Algteadmisi valgusest ja häälest".

§ 104. Osa sisu 420
§ 105. Metoodilisi märkmeid 421
§ 106. Sissejuhatav vestlus 422
§ 107. Valguse levimine 424
§ 108. Valguse peegeldumine 427
§ 109. Valguse murdumine 432
§ 110. Valguse koostis 438
§ 111. Algteadmisi häälest 441

4

Toimetaja A. Emmo.
Tehniline toimetaja H. Kohu.
Korrektorid H. Peel ja J. Rammi.

Ladumisele antud 11. II 1952. Trükkimisele antud 19. IV 1952. Trükiarv 1500. Paber 60×92, 1/16. Trükipoognaid 28 + lisad 0,5. Arvutuspoognaid 30,55. MB-09028. Trükikoda „Hans Heidemann", Tartu, Vallikraavi 4. Tellimise nr. 717.

На эстонском языке.

Hind rbl. 7.10

Rbl. 7.10

A-19366

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00294928 9