

V. F. JUSKOVITŠ ja L. I. REZNIKOV

FÜÜSIKA ÕPETAMINE  
KOO LIS  
POLÜTEHNILISE ÕPETUSE  
ÜLESANNETE VALGUSEL

MATERJALE ÕPETAJALE



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS  
TALLINN 1953

2/21711

A-19769 vi

Sundeksemplar

V. F. JUSKOVITŠ ja L. I. REZNIKOV

FÜÜSIKA ÕPETAMINE  
KOOLIS  
POLÜTEHNILISE ÕPETUSE  
ÜLESANNETE VALGUSEL

MATERJALE ÕPETAJALE



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS  
TALLINN 1953

Originaali tiitel:

В. Ф. Юськович и Л. И. Резников.

Преподавание физики в школе в свете задач политехнического  
обучения.

Москва, 1953.

### Autoritelt.

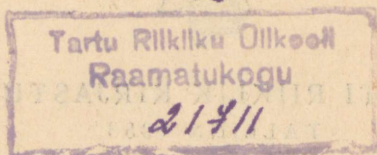
Käesolev füüsika õpetamise küsimustele pühendatud käsiraamat on määratud õpetajale. Selles näidatakse, et füüsika koolikursuse sisu annab tema praegu kehtiva ülesehituse süsteemi juures suuri võimalusi õpilaste tutvustamiseks koolis õpitavate füüsikaliste seaduste ja nähtuste rakendamisega tööstuses ja põllumajanduses. Seda illustreeritakse näidetega energetikast, metallitöötlemisest, mõningate masinate töötamisest ja ehitusest jms.

Mitmesuguste katse- ja tööriistade, eriti mõõteriistade kasutamise oskuste ja vilumuste juurutamine õpilastesse on polütehnilise õpetuse lahutamatuks osaks. Siin antakse metoodilisi juhiseid selle teostamiseks tundides ja klassivälises töös.

Kasutades näidetena kindlaid, peamiselt soojus- ja elektriõpetuse osast võetud, programmi teemasid, esitatakse käsiraamatus konkreetset faktilist materjali füüsika mitmesuguste tehniliste rakenduste kohta. Õpetaja peab õpilastelt nõudma, et nad teaksid siin toodud materjali hulgast ainult seda, mis on füüsika programmis ette nähtud. Osa sellest materjalist, mille meelespidamine pole õpilastele kohustuslik, võib kasutada näidetena ja illustratsioonidena tundides ja tootmisalastel ekskursioonidel. Õpetajale esitatakse füüsikalise-tehnilise sisuga ülesannete koostamiseks rida arvulisi andmeid. Lõpuks on käsiraamatus esitatud materjali ka klassiväliseks tööks. Õpilaste ülekoormamise vältimiseks ei ole seda materjali vaja tundides esitada.

Käesolevas käsiraamatus on visandatud ainult need esimesed sammud, mis on suunatud polütehnilise õpetuse elluviimisele füüsika õpetamisel. Õpetajate kogemused ja koolide töö praktika annab selles suunas palju uut ja väärtuslikku.

2



TARTU ÜLIKOOLI  
RAAMATUKOGU

## POLÜTEHNILISE ÕPETUSE SISU FÜUSIKA KURSUSES.

NLKP XIX kongressi direktiivides NSV Liidu arendamise viienda viie aasta plaani kohta on öeldud: «Üldharidusliku kooli sotsialistliku kasvatuses tähtsuse edasise tõstmise eesmärgil ja keskkooli lõpetavatele õpilastele kutseala vabaks valimiseks tingimuste kindlustamise eesmärgil asuda teostama polütehnilist õpetamist keskkoolis ja võtta tarvitusele abinõud, mis on vajalikud üleminekuks üldisele polütehnilisele õpetamisele.»<sup>1</sup>

Polütehnilist õpetamist teostatakse kõigepealt teaduste aluste, eriti selliste nagu füüsika, keemia, matemaatika, joonestamise, bioloogia ja geograafia õpetamisel. Füüsikal on polütehnilisel õpetamisel suur tähtsus.

Kaasaegse tehnika areng on rajatud peamiselt füüsika saavutustele.

Füüsika erakordne tähtsus kaasaegse ühiskonna elus määrab ka kooli füüsika kursusele erilise koha polütehnilisel õpetamisel.

Füüsika seadusi rakendatakse laialdaselt energetikas, metallitöötlemisel, masinaehituses, transpordis ja teistel kaasaegsetel tootmise aladel. Nende seaduste tundmaõppimine on polütehnilise õpetuse koostisosaks. Peale selle peab füüsika kursusesse kuuluma orgaanilise osana ka rea kõige lihtsamate tootmisriistade ja eriti mõõteaparaatide käsitsemisõppimise valdamine.

Püstitades endale sellise ülesande, ei tohi füüsikaõpetaja siiski asendada füüsika aluste tundmaõppimist tehnika küsimustega.

---

<sup>1</sup> Partei XIX kongressi direktiivid NSV Liidu arendamise viienda viie aasta plaani kohta aastaks 1951—1955, Eesti Riiklik Kirjastus, 1952, lk. 25.

Suures kaasaegses tootmises kasutatakse väga mitmesuguseid masinaid ja tööriistu. Ei ole vaja kõiki mitmesuguseid masinaid, tööpinke ja teisi tööriistu käsitleda koolis õpitavas füüsikakursuses. Kaasaegse tootmisküsimuste tundmaõppimiseks tuleb neist teha hoolikas valik.

Millised põhilised füüsika seadused leiavad rakendamist kaasaegses tootmises?

Vaatame mõningaid konkreetseid näiteid. Töökojas tõstab sepp vasara ja annab sellele potentsiaalset energiat. Seejärel vasar langeb ja annab töödeldavale detailile vajaliku kuju. Hiigeltehaste sepatöö tsehhides taotakse auru- ja pneumaatiliste vasarate abil ja stantsitakse pressidega. Nende masinate töötamise füüsikalisteks alusteks on energia jäävuse ja muundumise seadus ja liikumise hulga jäävuse seadus.

Stantsimisel hüdraulilise pressi abil või hõõveldamisel tööpingil toimub ühtede energiavormide muundumine teisteks, kusjuures tehakse tööd. Nendes protsessides kasutatakse ära mitmesuguseid metallide omadusi, nagu näiteks kõvadust, elastsust ja plastilisust.

Auto, traktori ja lennuki sisepõlemismootoris toimub kütteaine põlemine. Kütteaine (näiteks bensiini) keemiline energia muutub seejuures gaasi siseenergiaks, mis osaliselt läheb kasuliku töö tegemiseks, aga osaliselt hajub soojusena ümbritsevasse ruumi. Kõigi nende ja paljude neile sarnaste protsesside füüsikalisteks alusteks on termodünaamika printsiibid.

Hüdroelektrijaamades kasutatakse vee mehhaanilist energiat; toimub selle muundamine elektrienergiaks. See energia antakse omakorda ülekandeliinide kaudu tarvitamiskohta edasi, kus ta muudetakse teisteks energia liikideks. Mitmesuguste masinate konstrueerimisel püütakse tõsta jõumasina kasutegurit, suurendada liikumise kiirust, mootori võimsust masina kaaluühiku kohta jne.

Kõige tähtsamad kaasaegse tootmise aluseks olevad füüsika seadused on energia muundumise ja jäävuse seadus, soojuse üleminek soojendatud kehalt külmale, dünaamika seadused, kaasa arvatud ka liikumise hulga jäävuse seadus ja elektrivoolu seadused.

Need tähtsaimad seadused, samuti nagu energia ülekande viisid, tahkete kehade (eriti metallide), vedelike ja gaaside omaduste muutumine soojendamisel ning rõhu suurenemisel jt. moodustavad paljude menetluste teadusliku

aluse. Need on elektrifitseerimise, termofitseerimise, mehhaniseerimise (masinate, tööpinkide, jõumasinate jts. töö), automatiseerimise ja kaugjuhtimise füüsikaliseks aluseks.

## Energia muundumine. Energeetika.

Ilma energia muundumise ja kasutamiset ei ole mingisugune tootmine võimalik. Elektriijaamades saadakse elektrienergiat kütteaine keemilise energia, vee potentsiaalse energia või tuule kineetilise energia arvel.

Musti metalle sulatatakse kõrg- või martäänahjudes kütteaine, näiteks koksi, nafta jms. põlemisel. Vaske, alumiiniumi, magneesiumi ja teisi metalle saadakse spetsiaalsetes vannides elektrienergia kasutamisel. Mehhaanilisel tootmisel, nagu termiline töötlemine, töötlemine rõhuga, lõikamisega jms., kasutatakse samuti mitmesuguseid energia liike.

Loetletud ja paljudes teistes menetlustes kasutatakse laialdaselt energia muundumise ja jäävuse seadust. Kogu kaasaegne energeetika on selle tähtsa looduseaduse teadlik praktiline kasutamine.

Keskooli füüsika kursuses on laialdane võimalus avada teoreetiliselt ja praktiliselt kaasaegse energeetika alused.

Veejõumasinate ehituse ja töötamise printsiibiga võib õpilasi tutvustada hüdroelektriijaama töö näitel.

Soojusnähtuste õppimisel VI ja IX klassis selgitatakse soojusjõumasinate ehitust ja töötamist. VI klassis antakse aurumasina, auruturbiini ja sisepõlemismootori mõiste ning näidatakse nende jõumasinate otstarvet põllumajanduse mehhaniseerimisel (traktor, iseliikuv kombain, auto). Selles klassis antakse tähtis mõiste — kütteaine kütteväärtus.

VI klassis tutvustatakse õpilasi soojusseadeldise kasuteguriga. IX klassis õpitakse soojusjõumasinate kasutegurit ja selle tõstmise viise. Mainitakse kõrgrõhu aurumasinate ja -turbiinide konstrueerimise otstarbekust. Samas klassis tutvustatakse õpilasi reaktiivmootoriga, antakse neile termofitseerimise mõiste jms. Õigel õppimisel kõik need mõisted, seaduspärasused ja nende tehnilised rakendused avavad õpilaste ees tähtsamad soojustehnika teaduslikud printsiibid.

Kaasaegses tööstuses ja põllumajanduses on erakordselt tähtis elektrienergia. Kehtiv füüsika programm sisaldab

mitmesuguseid elektrienergia saamisega ja kasutamisega seoses olevaid küsimusi.

VII klassis õpitakse alalisvoolu elektrimootori tööd, vahelduvvoolu generaatori ja transformaatori ehitust ning tööd. Antakse teadmisi elektrienergia rakendamisest tööstuses, transpordis ja põllumajanduses.

X klassis tunduvalt laiendatakse ja süvendatakse õpilaste teadmisi elektrienergia saamisest ja kasutamisest, valgustatakse elektrifitseerimise füüsikalisi aluseid ja jutustatakse suurte ja väikeste hüdroelektrijaamade ehitamisest.

Tehnikas laialdaselt kasutatavat kolmeafaasilist voolu võib õpilastele tutvustada klassivälises töös või ekskursionidel.

Käesoleval ajal ei ole aatomienergia allikad veel laialdaselt levinud. Kuid neil on suur tulevik ja seepärast peab keskkooli õpilasi tundides nendega tutvustama.

Loetletud küsimuste tundmaõppimine koolis koos laialdase katsete demonstreerimisega klassis, töötavate mudelite kasutamisega, vastavate praktiliste tööde ja ekskursionide teostamisega võimaldavad õpilastel mõista kaas-aegse energeetika aluseid.

### **Energia ülekande viisid. Ülekandemehhanismid ja -seadeldised.**

Energia ülekande viiside küsimust võib mõista kitsalt — mehhaaniliste ülekandemehhanismide mõttes. Kuid kaasa arvates ükskõik millise energia liigi ülekande vahendid, näiteks mitmesugused seadeldised elektrienergia ülekandeks, võib seda küsimust mõista ka tunduvalt laiemalt. Tootmiseks on erakordselt tähtsad ratsionaalsed energia ülekandmise viisid selle saamise kohast, näiteks jõumasinast, kuni tarbimiskohani, kuni töomasinani.

Mõningad lihtmehhanismide abil (liikumatu ja liikuva ploki, kangi, pööra, kaldpinna ja kruvi) abil teostatavad energia ülekande viisid leiduvad keskkooli füüsika programmis ja õpikus. Aurumasina õppimise juures vaadeldakse väntmehhanismi ehitust ja otstarvet.

Selliste ülekandemehhanismidega, nagu hammasratas-ajam, ülekanderihm, hõõrdumisülekande mehhanism ja teised, võib õpilasi tutvustada ekskursionidel või klassivälises töös.

X klassis vaadeldakse elektrienergia ülekannet alalis- ja vahelduvvooluga, milleks kasutatakse käivitus- ja reguleerimisreostaate, pinget tõstvaid ja pinget madaldavaid transformaatoreid, mitmesuguseid alaldajaid, mõõteriistu, voolu katkestajaid, releesid ja teisi seadiseid. Elektromagnetiliste lainete ülekandeks rakendatakse kondensaatoreid, omainduktsiooni poole, saate ja vastuvõtu antenni, elektronlampe jms. Valguskiirguse energia praktiline kasutamine on võimalik peeglite, prismade, läätsede ja fotoelementide abil.

On täiesti ilmne, et juhitavasse masinasse teadlikuks suhtumiseks on vajalik mitmesuguste ülekandemehhanismide ehituse, töötamise printsiibi ja seadiste tundmine.

### Tähtsaimate masinate ehitus ja töötamine.

Koolis füüsikat õppides võib tutvuda rea masinate põhi-osadega. Mõningad neist ühendavad endas jõumasinat, ülekandemehhanisme ja masina töötavat osa. Selliste masinate hulka kuuluvad kõigepealt auto, traktor, vedur, elektrivedur, aurik ja lennuk. Õpilaste tutvustamine selliste masinate ehituse ja töötamise teaduslike alustega aitab kooli lõpetanul orienteeruda ka teiste masinate töös.

Füüsika kursuses on sobiv piirduda peamiselt niisuguste füüsikaliste nähtuste ja seaduspärasuste tutvustamisega, mida rakendatakse masinate juures.

Sellega koos seisab füüsika õpetaja ees ülesanne selgitada erinevates kursuse osades ja erinevates klassides, tihedas seoses mehhaanika, soojuse ja elektrinähtuste õppimisega, tähtsamate masinate (aurumasina, auruturbiini, sise põlemismootori, elektrimootori) otstarvet, ehitust ja töötamist.

VI klassi õpilased õpivad sise põlemismootori ehitust ja töötamist. Ekskursioonidel ja klassivälises töös võivad nad tutvuda auto või traktori jahutussüsteemiga, VIII kl. õpilased aga käigukastiga ja karburaatori ehitusega ning töötamise printsiibiga.

Senisest rohkem tähelepanu tuleb pühendada elektrimootori tundmaõppimisele. VII klassis õpitakse tundma alalisvoolu elektrimootori töötamise printsiipi ja vahelduvvoolu generaatori ehitust ja töötamist. Ei ole raske näidata alalisvoolu mootori pööratavust.

X klassis tuleb tundma õppida dünamomasinate ja elektrimootorite ehitust, töötamist ja otstarvet. Illustratsioonina võib vaadelda elektriveduri ja trammi mootorit.

### **Tahkete kehade, vedelikkude ja gaaside omaduste kasutamine tehnikas.**

Kaasaegne masinaehitus ja ehitustöö kasutavad suurel hulgal mitmesuguseid materjale.

Füüsika koolikursus ei ole suuteline haarama isegi kõige tähtsamaid materjaliõpetuse probleeme. See ei olegi tema ülesandeks. Kuid füüsika tundmaõppimine annab õpilastele siiski võimaluse tutvuda tahkete kehade, vedelikkude ja gaaside kõige tähtsamate füüsikaliste omadustega, mida kasutatakse mitmesugustel tehnika aladel. Sellisteks omadusteks on kaaluvus, tihedus, kokkusurutavus, inertsus, elastsus, plastilisus, kõvadus, tugevus, soojusjuhtivus, elektrijuhtivus jt. Kõiki neid tehnikas laialdaselt kasutatavate mitmesuguste ainete omadusi õpitakse tundma koolis. Näiteks kuumutatud metallide plastilisuse omadusi kasutatakse metallide tagumisel, valtsimisel, stantsimisel ja traadi venitamisel, kõvu sulandeid kasutatakse lõikeriistade valmistamiseks jne. Edaspidi vaatleme neid küsimusi üksikasjalisemalt.

### **Tähtsaimad tootmisprintsiibid.**

Füüsika aluste õppimine koolis kuue aasta vältel võimaldab õpilasi tutvustada füüsikaliste nähtuste ja seaduspärasustega, millel on kaasaegse tootmise arenguks suur tähtsus.

VII ja X klassis õpilased õpivad elektrivoolu põhilisi füüsikalisi nähtusi, mõisteid ja seaduspärasusi. Need teadmised annavad neile võimaluse orienteeruda elektrienergia mitmesugustes kaasaegsetes rakendustes.

Õpilasi peab tutvustama põhiliste teadmistega NSV Liidu elektrifitseerimisest ja selle arengu teedest.

NSV Liidu arendamise viiendas viie aasta plaanis näidatakse ära edasine areng, elektrienergia kasutamise laialdane juurutamine kõigis tööstusharudes, põllumajanduses ja transpordis ning rea suurte elektrijaamade ehitamine.

Nõukogude teadus ja tehnika on andnud suure panuse

energeetika arengusse. Ehitatakse hüdrogeneraatoreid võimsusega üle 100 000 kW. On lahendatud elektrienergia ülekande probleem vahelduvvoolu abil kauge maa taha.

Üldiseid teadmisi elektrifitseerimisest peab konkretiseerima elektrienergia rakendamise näidetega üksikutes tootmisharudes: mehhaaniline tootmine, transport, elektrokeemia, elektrikeevitus, elektrikund jt.

Füüsika aluste õpetamine IX ja X klassis võimaldab õpilasi tutvustada termofitseerimise osaga rahvamajanduses, sealhulgas termofitseerimise tähtsusega elektri- jaamade kasuteguri tõstmisel.

Rahvamajanduse arengu iseloomulikuks jooneks käesoleval ajal on kompleksne mehhaniseerimine. Mehhaniseerimise tähtsaimaks aluseks on elektrifitseerimine.

Mehhaanika, soojuse, elektri ning magnetismi ja aatomi-ehituse õpetamine võimaldab selgitada nii mehhaniseerimiseks kasutatavaid energia allikaid kui ka mitmesuguseid tehnilisi seadeldisi, mille abil teostatakse mehhaniseerimist.

Nõukogude tehnika iseloomulikuks jooneks on püüe tootmist intensiivistada, masinate ja tööpinkide töörežiimi tõsta ning üksikute ettevõtete maastaapi ja võimsust suurendada.

Sellest tootmise küljest võivad õpilased saada füüsika õppimisel konkreetseid teadmisi. Toome üksikuid näiteid. Pöörleva liikumise õpetamisel IX klassis võib jutustada metallide lõikamise rekordiliste kiiruste saavutamisest nõukogude tööliste poolt mitmesugustel tööpinkidel. Sisepõlemismootorist jutustades on vaja alla kriipsutada kaalu vähendamise tendentsi, näiteks tendentsi vähendada autol mootori kaalu võimsusühiku kohta, säilitades seejuures ta käsitsemiskindlust. Edasi tuleb jutustada, et nõukogude teadlased võitlevad bensiinimootori ökonoomsuse tõstmise eest. Selle saavutamiseks suurendatakse mootori silindrites küttesegu surveastet. Katsed näitasid, et sel juhul saavutatakse bensiini kokkuhoid 25—30% ulatuses. Niisugused teadmised annavad õige orientatsiooni tähtsaimate tehnika alade arengu küsimustes. Kõik see valmistab järk-järgult ette noormeeste ja tütarlaste mõtlemist mitmesuguste tootmis-ülesannete lahendamiseks.

Kaasaegsel tootmisel on eredalt väljenduv üksikute protsesside, tsehhide ja tehaste automatischeerimise tendents. Tootmises püstitatakse protsesside mehhaniseerimise

ja automatiseerimise laialdase juurutamise ülesanne. Auto-  
maatseadeldiste mõnede elementidega (elektromagnetilise  
releega ja fotoreleega) on X ja XI klassi õpilasi võimalik  
tutvustada elektromagnetismi ja fotoelektrilise efekti õpe-  
tamisel.

Telegraafi ehituse ja töötamise teaduslikke aluseid võib  
kehtiva programmi järgi küllaldaselt määral tutvustada  
VII klassi füüsika kursuses, ning raadiot keskkooli X klassi  
kursuses.

### Oskuste ja harjumuste kujundamine.

On vajalik selgitada, kuidas füüsika aluste õppimine  
koolis võib kindlustada polütehnilise õpetamise teise külje  
lahendamist: õpetada õpilasi käsitsema lihtsamaid tootmis-  
riistu.

Tänapäeval rakendatakse suurel arvul mitmesuguseid  
tootmisriistu tootmisvahendite ja tarbimisvahendite toot-  
miseks. Need arenevad ja täienevad pidevalt.

Teatud tootmisriistade täieliku valdamise oskuse and-  
mine on spetsiaalsete professionaalsete õppeasutuste —  
tööstuskoolide, tehnikumide ja kõrgemate tehniliste õppe-  
asutuste — ülesandeks.

Teostades polütehnilist õpetust teaduste aluste tundma-  
õppimisel aitab üldhariduslik keskkool omandada õpilastel  
laia silmaringi ja arendada nende teaduslik-tehnilist mõtle-  
mist, mis on vajalik kiireks orienteerumiseks kaasaegses  
tootmises. Rea oskuste ja harjumuste istutamine füüsika  
aluste õpetamisel koolis on õppeprotsessi lahutamatuks  
osaks. Õpilaste mõtlemise arendamine ja neile oskuste ja  
harjumuste pookimine on võimalik ainult õpilaste aktiivse  
tegevusega, nende osavõtuga tööst ja kindlate praktiliste  
ülesannete lahendamisega.

Oskused ja harjumused peavad kujunema ja arenema  
järjekindlalt spetsiaalselt valitud harjutustega. Füüsika  
praktilistes töodes (tehes näiteks füüsika praktikumi üksi-  
kuid töid) peavad formeeruma, süvenema ja arenema mit-  
mesugused oskused ja harjumused: samal teel võivad ku-  
juneda ka harjumused ümber käia kruvikeerajaga, lapik-  
tangidega, harjumused elektrimontaaži, jootmise jms. alalt.

## Oskuste ja harjumuste kujundamine füüsikaliste suuruste mõõtmiseks.

Selleks, et töötada ükskõik millises kaasaegses tootmis-harus, on vaja osata mõõta mitmesuguseid füüsikalisi suu-rusi, nagu näiteks kaaluda, mõõta pikkust, jõudu, tööd, ma-sinate võimsust, rõhku, temperatuuri, voolutugevust, pin-get, takistust, valgustustugevust jne. Vilumused sellisteks mõõtmisteks tuleb omandada keskkoolis füüsika kursuse õppimisel.

Mõõtmisprotsess eeldab mõõtmisvõtete ning vastavate riistade: kaalude, varbsirkli, mikromeetri, dünamomeetri, baromeetri, manomeetri, termomeetri, termoelemendi, am-permeetri, voltmeetri, reostaadi, kondensaatori, omain-duktsioonipoolide, fotomeetrite jt. riistade ehituse ning töö-tamise printsiibi tundmist. Selliste riistade kasutamisoskus eeldab nende käsitlemise kultuuri väljaarenemist, mis saa-vutatakse pikaajase harjutamise teel füüsika kursuse õppi-misel VI kuni XI klassini.

Paljud loetletud ja teised füüsika katseriistad on ka mit-mesuguste tehniliste seadiste lahutamatuks osadeks.

### Praktiline tutvumine mitmesuguste tehniliste seadistega.

Füüsika koolikursuse ülesandeks on samuti ka õpetada õpilastele üksikute lihtsamate tehniliste seadiste kokkupa-nemist ja lahtivõtmist ning lihtsaid montaažitöid. Loet-leme need tööd õppeaastate järgi.

VI k l a s s: vertikaal- ja horisontaalsuuna määramine; pumpade mudelite kasutamine; tööd lihtmehhanismidega (kang, plokk, pöör); silindri, kolvi, aurujaotusmehhanismi, vântmehhanismi, regulaatori ja hooratta leidmine auruma-sina mudelilt; silindri, kolvi, magneeto, süüteküünla ja teiste osade leidmine sisepõlemismootori mudelilt.

VII k l a s s: galvaani elemendi koostamine; vooluringi koostamine skeemi järgi; valgustusarmatuuride (lambipesa, katkestaja, kaitsme, pistikukarbi) kohalepanemine; elektri-soojendusriistade kasutamine, elektrimootori ja transfor-maatori töötavate mudelite kokkupanemine valmis osa-dest jne.

VIII k l a s s: tiirudelugeja kasutamine; jõumasina võim-suse mõõtmine; raskuskeskme määramine lihtsamatel juh-

tudel ja keha stabiilsuse muutmine; praktiline tutvumine hüdraulilise pressi, vee- ja tuulejõumasinate ehituse ning tööga.

IX k l a s s: kooli aurujõuseadise töötava mudeli kokupanemine ja käivitamine; sisepõlemismootori mudeli töökorra seadmine, käivitamine ja seismapanek.

X k l a s s: vooluringi koostamine akumulaatori laadimiseks, elektrimõõteriista tüübi määramine, seadiste koostamine etteantud skeemide järgi, ampermeetri skaala mõõtepiirkonna muutmine šuntide abil ja voltmeetri skaala mõõtepiirkonna muutmine eeltakistite abil, reostaadi valikvoolutugevuse muutmiseks vooluringis etteantud piirides, vahelduvvoolu mootori lülitamine vooluringi, generaatorist, transformaatorist ja elektrimootorist koosneva seadeldise montaaž, vahelduvvoolu alaldaja kasutamine, raadiovastuvõtja montaaž valmis osadest.

XI k l a s s: mikroskoobi kasutamine, praktiline tutvumine lihtsaima relee ehitusega, töötamine lihtsaima spektromeetriga.

Mõningad nendest töödest ei ole käesoleval ajal füüsika programmis ette nähtud. Neid saab teha ainult klassivälises töös õpilastega, kes soovivad töötada füüsika ringis.

### **Lihtsaimate tehniliste arvutuste teostamise oskuste ja harjumuste arendamine.**

Kui füüsika õpetamisel ei kujundata oskusi ja harjumusi lihtsaimate tehniliste arvutuste läbiviimiseks, siis ei saa lahendada ka füüsika ja tehnika vahelise tiheda seose loomise ülesannet. Füüsikaliste nähtuste ja mõistete tundmine ainult kvalitatiivsest küljest ei ole küllaldane. Lihtsaimad tehnilised arvutused peavad orgaaniliselt kuuluma füüsika aluste õppimisse. Loetleme mõningad neist arvutusist.

VI k l a s s: aine erikaalu, rõhu, lihtmehhanismide abil jõus saavutatud võidu, töö ja võimsuse arvutamine; temperatuuri ja kehade soojendamise aja vahelise sõltuvuse graafiku joonestamine; keha soojendamiseks kulunud soojushulga ja kütteaine kindla koguse põlemisel eraldunud soojushulga arvutamine.

VII k l a s s: takistuse, voolutugevuse, pinge, voolu töö ja võimsuse arvutamine.

VIII k l a s s: jõudude liitmine ja komponentideks lahu-

tamine graafiliselt; kineetilise ja potentsiaalse energia suuruse, tõmbejõu jt. arvutamine.

IX k l a s s: hüdraulilises pressis mõjuvate jõudude, mingi kindla aja jooksul jõumasina tööks vajaliku kütteaine hulga, kehade soojuspaisumise, soojenemisel toimunud keha tiheduse muutuse, sulamiseks ja aurustumiseks kulunud soojushulga arvutamine.

X k l a s s: kondensaatori mahtuvuse määramine, temperatuuri muutusega kaasunud takistuse muutuse, elektrivoolu töö ja võimsuse, elektrivooluringide takistuste arvutamine.

XI k l a s s: läätse optilise tugevuse ja teiste optikas esinevate suuruste arvutamine.

### **Masinate, mehhanismide ja riistade käsitlemine.**

Väga tähtis on õpetada õpilasi teadlikult ja õigesti kasutama kangi, kaldpinda, plokkide, polüspaste, kruvi ja pööra. Täiesti võimalik on tutvustada õpilasi ka vintsi ja tung-raua ehitusega. Klassivälistel töödel võib tundma õppida jalgratast, mootorratast, treipinki.

Niinimetatud lihtmehhanismid osutuvad keerulisemate masinate koostisosadeks. Õpilane leiab igas ekskavaatoris kangide, kaldpinna, liikuvate ja liikumatute plokkide jms. rakendamist.

Kaasajal omavad erakordset tähtsust elektronriistad. Nendest kõige tähtsam on elektronlamp, mida kasutatakse vahelduvvoolu alaldamiseks ning elektriliste võnkumiste genereerimiseks ja võimendamiseks. Elektronitorusid kasutatakse televiisorites, elektronmikroskoopides ja raadiolokaatorites. Automaatseadised ja kaugjuhtimise aparaadid sisaldavad endas elektronitorusid.

On ilmne, et elektroonika küsimustele tuleb pühendada senisest rohkem tähelepanu. Programmikohase ja klassivälise töö raamides laboratooriumis on õpilastel vaja õppida valdama raadiotehnika montaaži oskusi.

Eelpoolpüstitatud ülesannete lahendamine nõuab vajalikku materiaalselt baasi, s. o. füüsika kabinettide ja töötubade, loomist. Suurt osa selles on kutsutud etendama füüsika õpetajad. Väga palju sõltub õpetaja loovast initsiatiivist, oskusest kaasa tõmmata ja organiseerida õpilasi katseriistade konstrueerimisele ja füüsika praktiliste rakenduste tundmaõppimisele.

## MÕNINGAD POLÜTEHNILISE ÕPETAMISE METOODIKA KÜSIMUSED FÜSIKA KURSUSES.

Kehtiv füüsika kursuse programm sisaldab küllalt küsimusi energaatika, masinateõpetuse, tehnoloogia, transpordi ja side alalt. Kuid paljudes koolides ei anna formaalne ja põhiliselt sõnaline õpetamine siiski täisväärtuslikke teadmisi. Polütehnilise õpetamise ülesanded nõuavad tundide läbiviimise metoodika tunduvat täiustamist.

### Tehnikas kasutatavate füüsika rakenduste esitamine füüsika õpetamisel.

Paljude koolide füüsika õpetamise kogemus näitab, et füüsikaliste nähtuste, mõistete ja seaduspärasuste õpetamine jääb sageli poolikuks. Mõiste kujundamine või füüsikaliste suuruste vahelise seose püstitamine lõpeb sageli defineerimise ja sõnastamisega, ent füüsika praktilisi rakendusi ei esitata.

Füüsika rakendused tehnikas peavad kuuluma õpetuse sisusse. Seejuures ei tule piirduda suulise esitusega. Üksikud õpetajad toimivad õieti, kasutades füüsika tundides tehnilisi mudeleid ja detaile, aga ka mõningaid tehnilisi seadiseid: tehnilisi elektrimootoreid, selliseid väljajagata- vaid materjale, nagu isolaatorite, juhtmete, transformaatori südameke komplekte jms.

Polütehnilisel õpetamisel peab arendama teaduslik-tehnilist mõtlemist. Õpilase mõte ärkab ja toitub kõige kergemini huvist õppeaine vastu.

Huvi tunni õppematerjali vastu võib omakorda tõsta ja püsivalt säilitada, kui õpetaja täidab vähemalt kolme nõuet:

a) lähtub seletamisel õpilastele tuntud faktidest ja tuginedes neile faktidele, selgitab tuttavas nähtuses sisalduva uue ja tundmatu;

b) kasutab laialdaselt füüsika demonratsioonkatseid ja laboratoorseid töid, mis annavad vastuse püstitatud küsimusele;

c) esitab õpitava nähtuse või seaduspärasuse tehnilisi rakendusi, kasutades selleks mitmesuguseid näitlikke õppevahendeid — mudeleid, diapositiive, kinofilme ja skeeme.

Selline tunni käik avab õpilaste ees järk-järgult uue õp-

pematerjali ja selgitab, kuidas loodusseadusi kasutatakse praktikas, tehnikas.

Allpool tuuakse mõned tehnikaga vahetult seotud füüsika koolikursuse küsimuste seletused. Siin antud õppematerjali sisu on mõeldud eeskujuks ja puudutab ainult üksikute programmi teemade mõningaid küsimusi. Esitatud faktiline materjal on määratud õpetajale. Osa sellest materjalist võib esitada tundides, kuna see kuulub füüsika programmi, teist osa võib kasutada illustratsioonina ekskursioonidel ja klassivälises töös, ning lõpuks võib see olla ka materjaliks ülesannete koostamisel. Õpetaja peab õpilastelt nõudma ainult nende küsimuste teadmist, mis on füüsika programmi järgi ette nähtud.

### Metallide plastilisuse kasutamine tehnikas.

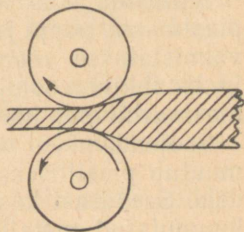
Kehade elastsust ja plastilisust õpitakse tundma IX klassis (teema «Tahke keha omadusi»).

Mitmesugused tahketele kehadele kindla kuju andmise protsessid, nagu stantsimine, valtsimine, venitamine ja tagumine, põhinevad jääkdeformatsiooni nähtusel.

**V a l t s i m i n e.** Kui rullida kuumad metallvalandid läbi rea pöörlevate valtside, siis võib saada metallvardaid või vajaliku paksusega lehtmetaili (joon. 1). Sellist protsessi, kus metalli deformeeritakse rõhumise abil, kasutades metalli plastilisust, nimetatakse *valtsimiseks*. Valtsimisprotsessi teostatakse spetsiaalsetel valtsimispinkidel. Metallide deformeeritakse valtsimispingi rullide (valtside) vahel igast küljest, mistõttu selle pikkus suureneb ja ristlõike pindala väheneb.

Terase valtsimisel on temperatuur umbes  $1100^{\circ}$ . Vastavakujuliste valtsidega võib kuumutatud metallist välja valtsida raudteerööpaid, ehitustel kasutatavaid kahetallalisi raudtalasid (I-tala), lehtmetaili ja traati.

Terasevalandi tükide pressimiseks ehitatakse kaasaegses tehnikas *bluumingud*. Bluuming on tohutu suur valtsimispink, millele antakse ette hõõguv (temperatuuriga  $1100-1220^{\circ}$ ) ühetonnise või suurema kaaluga valanditükk. Minnes läbi valtside, mille diameeter ulatub kuni 1,35 meetrini,

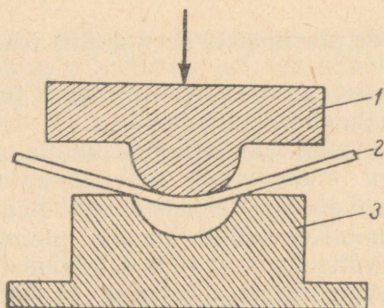


Joon. 1. Valtsimise skeem.

pressitakse terasest valanditükid kokku ja need võtavad prussikute kuju.

Nõukogude Liidus on suurtes metallurgiatehastes üles seatud ja töötavad nõukogude bluumingud. Kõik tööprotsessid bluuminguga on mehhaniseeritud ja automatiseeritud. Meie maal hakati viisaastakute esimestel aastatel valmistama bluuminguid Ižorski, Makejevka, Novo-Kuznetski jt. metallurgiatehastes. NSV Liidu rahvamajanduse arendamise viienda viie aasta plaani järgi on 1955. a. valtsmetalli tootmine ligikaudu 64% võrra suurem kui 1950. aastal.

Stantsimine. Nõutava kujuga mitmesuguste metallilehete ja -detailide valmistamiseks lehtmetailist kasutatakse stantsimist.



Joon. 2. Stantsimise skeem.

Metall-leht, näiteks alumiiniumist või vasest, asetatakse kahe vormi poole — puansooni ja matriitsi — vahele (joon. 2). Hüdrauliline või mõni teine spetsiaalne press surub metalli 2 puansooni 1 abil matriitsi 3. Metall-leht paindub ja omandab jääkdeformatsiooni tulemusena vajaliku kuju.

Stantsida võib terast, rauda, vaske, alumiiniumi, tsinki, plastmassi, pappi ja teisi materjale. Metallilehete stantsimise teel valmistatakse anumaid, kellamehhanismide detaile, autode ja lennukite voolujooneliste kerde osi ja mitmesuguseid masinaehituses kasutatavaid detaile.

Soojendamisel metalli elastsuse piir väheneb ja metall muutub plastiliseks juba väikestele deformeerivatele jõududele. Seepärast kasutatakse paljudel juhtudel stantsimiseks kuumutatud metalle (kuumstantsimine). Kuumstantsimist kasutatakse kõrgrõhu katelde, laevakerede, vagunirataste jms. valmistamisel.

Venitamine. Mitmesuguste diameetritega traatide valmistamiseks tõmmatakse traat läbi reast järjest vähenevatest metallplaatidesse (traadivenitusplaatidesse) tehtud avadest. Avad (silmakesed) on koonusekujulised, mille seinad on tehtud kõvast terasest või teemandist. Silmakeses traat deformeerub plastiliselt.

Peale metalli plastilisuse ja elastsuse õppimist võib õpilastele anda järgmise koduse praktilise ülesande.

1. Painutage terastraadi tükk kõveraks. Kas see tõmbub pärast lahtilaskmist sirgeks?

2. Hõõgutage traati ahjus või priimusel ja painutage see pärast jahtumist kõveraks. Kas see nüüd tõmbub sirgeks?

3. Hõõgutage traati uuesti ja kastke kuumalt vette (karastamine). Mis juhtub traadiga, kui seda nüüd painutada täisnurga all?

4. Kuidas muutuvad terase omadused kuumutamisel ning selle aeglasel jahtumisel õhus (lõõmutamine) ja karastamisel?

Märkus. Selle ülesande peab täitma ettevaatlikult, hoides hõõguvat traati lapiktangidega.

## Sulandid ja nende kasutamine.

IX klassis õpitav teema «Sulamine ja tahkestumine» on vahetult seotud tahke keha omaduste käsitlemisega. Selle teema juures on esiteks tarvis näidata, kuidas muutuvad aine omadused üleminekul tahkest olekust vedelasse olekusse (tihedus, sisemine ehitus, sitkus, voolavus); teiseks tuleb näidata antud omadustega tahke keha saamise võimalust mitmesuguste metallide kokkusulatamise teel (sulandite saamine) ja kolmandaks on vaja selgitada sulandite mitmekülgsel kasutamisel tehnikas.

Eriti tuleb peatuda terase ja malmi koostise ja omaduste juures ja jutustada nende metallide väga laialdasest kasutamisest meie tööstuses.

Võib piirduda nelja küsimuse esitamisega: sulandi koostis, tema omadused, tarvitamisala (tööriistade valmistamiseks, elektrotehnikas, masinaehituses jms.) ja metallurgia areng meie maal.

Esitame mõningaid andmeid, milliseid võib anda õpilastele sulandite kohta.

Tehnikas kasutatakse laialdaselt mitmesuguseid sulandeid (mitu tuhat), näiteks: messing, pronks, duralumii-

nium, Wood'i suland, babiit, pehmed ja kõvad joodised. Iga-  
sugused parimad terase-sordid on raua sulandid nikliga,  
koobaltiga, kroomiga ja teiste metallidega.

Sulatades kokku kaks või rohkem metalli omavahel või  
metalle mittemetallidega, võib saada mitmesuguste oma-  
dustega sulandeid.

Nii näiteks duralumiinium on kerge ja tugev alumiiniumi  
suland teiste metallidega.

Sulandid, mis koosnevad raskestisulavaist metallidest  
(volfram, kroom, vanaadium jt.) ja nende karbiididest (me-  
tallide ühendid süsinikuga) on ülikõvad. Ülikõva su-  
landit «pobediiti» kasutatakse lõiketerade valmistamiseks,  
mida rakendatakse metallide töötlemisel. Kroomniklit ka-  
sutatakse suure elektritakistusega materjalina elektrisoo-  
jendusriistades, magnetilist sulandit kasutatakse sisepõle-  
mismootori magneetos jne. Sulandi sulamistemperatuur on  
madalam kui puhastel metallidel.

Madala sulamistemperatuuriga sulandeid, näiteks babiiti,  
kasutatakse laialdaselt autode ja traktorite ehitamisel.

Babiidist laagrikausid (antifriktsioon-sulandid) aset-  
atakse laagritesse pöörleva võlli ja laagri korpuse vahele  
(näiteks traktoritel ja autodel). Puuduliku määrimise puhul  
võlli hõõrdumine põhjustab temperatuuri tõusu, mille tõttu  
babiit sulab. Siis on tarvis laagrikauss vahetada ja masina  
normaalne töötamine on taastatud. Ilma selliste laagri-  
kaussideta kuluvad masinaosad kiiresti läbi.

Tabel 1\*

Suland	Sulandi koostis	Märkusid
Babiit (B 83)	Inglitina 83%, antimon 11% ja vask 6%	
Pronks.	Vask 96,4% ja inglistina 3,6%	
Duralumiinium	Alumiinium 93%, magneesium 0,5%, mangaan 1%, vask 5,5%	
Messing (M 62)	Vask 62% ja tsink 38%	
Malm	Raua suland süsinikuga (üle 1,7%)	
Teras	Raua suland süsinikuga (vähem kui 1,7% ja rohkem kui 0,1%)	
Invar	Raua suland nikliga (35%— —37% niklit)	Kõige väiksema soojuspaisumis- koefitsiendiga teras.

\* Tabel on määratud õpetajale. Õpilased ei tarvitse seda meeles  
pidada.

Suland	Sulandi koostis	Märkusi
Permalloi Kroom- nikkel (B)	Raud 21,5% ja nikkel 78,5% Nikkel 61%, kroom 15%, raud 20%, magneesium 4%	Magnetiline suland. Elektrisoojendus- riistade kütte- traat.
Pobediit (ПН)	Volfram 82,5%, koobalt 10%, süsinik 5,25%, raud 1% ja teised elemendid	Ülikõva suland.
Pehme joodis Kõva joodis	Inglitina 63% ja seatina 37% Vask 36%, tsink 52%, hõbe 12%	

Malm on raua ja süsiniku (üle 1,7%) suland. Tal on ka räni, magneesiumi, väevli ja fosfori lisandeid. Erilistel terase sortidel on süsinikku alla 1,7%, kuid rauas on seda kuni 0,1%. Süsiniku ja fosfori olemasolu malmis teeb selle rabedaks; vasara löökide all malm puruneb. Raud on pehme, teras — kõva. Need omadused on määratud peamiselt raua ja malmi erineva süsinikusisaldavusega.

Nõukogude Liidus on metallurgiatööstus laialdaselt arenenud. Meie maal sulatatakse igal aastal välja tuhandeid tonne mitmesuguseid metalle; valmistatakse etteantud mehhaaniliste, soojuseliste, magnetiliste ja elektriliste omadustega sulandeid.

Meie metallurgiatehased on varustatud kõige võimsama kaasaegse tehnikaga. Töötavad võimsad kõrgahjud, mar-täänahjud ja valtsimispingid.

### Soojusjõumasinad.

Teemat «Soojusjõumasinad» õpitakse VI ja IX klassis. VI klassis käsitletakse peamiselt aurumasina, auruturbiini ja sisepõlemismootori ehitust ja töötamist, kuid IX klassis on vaja anda kujutlus kütteaine energia mehhaaniliseks energiaks muundumise füüsikalistest protsessidest, kirjeldada mõningaid masinate sõlmi ja soojusjõumasinate abiseadeldisi ning põhjendada soojusjõumasinate kasuteguri tõstmise konkreetseid teid.

Masinate tundmaõppimisel IX klassis tuleb vaadelda soojusjõuseadiste põhielemente: soojendajat, jahutajat, töötavat keha, soojuse edasikandumise protsessi soojendajalt jahutajale ja soojuse muutumist mehhaaniliseks tööks. Siit on loomulik üle minna järgmise küsimuse vaatlemisele:

millal on soojusjõumasina kasutegur maksimaalne, s. o. valemi

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

vaatlemisele, kus  $\eta$  on «ideaalse» soojusjõumasina kasutegur,  $T_1$  — soojendaja temperatuur ja  $T_2$  — jahutaja temperatuur. Selle valemi analüüsimisel tuleb rõhutada järgmist: soojusjõumasina kasutegur on alati ühest väiksem; reaalse soojusjõumasina kasutegur on alati «ideaalse» masina omast väiksem; soojusjõumasina kasuteguri tõstmiseks on otstarbekas püüda tõsta auru parameetreid — temperatuuri ja järelikult ka auru rõhku, püüda suurendada küttesegu survet sisepõlemismootori silindris.

Sisepõlemismootori õppimisel IX klassis on väga soovitatav vaadelda klassivälises töös karburaatori ehitust ja töötamist, jahutussüsteemi ja süüteküünalt.

Teema «Soojusjõumasin» tundmaõppimist tuleb saata diapositiivide<sup>1</sup>, tabelite, kinofilmide ja rõngasfilmide (vt. lisa III) näitamisega, ekskursioonidega soojusjõuseadeldiste, auto jms. juurde (lk. 51—54).

Selles teemas on vaja näidata väljalastavate soojusjõumasinate arvu tunduvat kasvu meie maal, masinate võimsuse suurenemist, nende konstruktsiooni täiustumist, meie tööstuse, põllumajanduse, transpordi ja lennuasjanduse küllastumist kaasaegsete soojusjõumasinatega.

### Aurukatlad.

Teema «Soojusjõumasinad» teadlikuks omandamiseks IX klassis on tarvis anda õpilastele mõningaid andmeid auru saamise kohta katlas. Neid andmeid võib õpilastele anda ekskursioonidele eelnevates vestlustes ja ekskursioonidel endil.

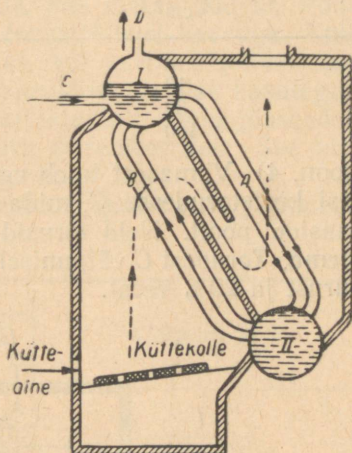
Aurumasina ja auruturbiini tööks on vajalik aurukatel, milles tekib teatud temperatuuri ja rõhuga aur.

Sõltuvalt aurukatelde konkreetsest otstarbest, on nende ehitus mitmesugune. Nende seas võib eristada kaht liiki katlaid: leektorukatlad ja veektorukatlad. Esimestes läbivad põlevad gaasid veega ümbritsetud torude süsteemi. Selli-

<sup>1</sup> Tuleb kasutada vabriku «Диафото» poolt välja lastud füüsika diapositiivide seeriat VII ja IX klassidele ja samuti ka diapositiivide seeriat «Тепловые машины» (Soojusjõumasinad) IX klassile.

seid katlaid kasutatakse näiteks veduritel. Veetorukateldes tsirkuleerib vesi väljastpoolt kuumade gaasidega soojendatavates torudes. Neid kasutatakse soojuselektrijaamades.

Veetoru-aurukatlad kujutavad endast suure hulga niinimetatud kollektorite ja trumlitega ühendatud torude süsteemi. Joonisel 3 on toodud niisugust tüüpi katla ühe väga lihtsustatud tsirkulatsioonikontuuri skeem. Sellel skeemil on kerge selgitada katla töötamise printsiipi. Torude kimp *A* on väljapoole küttekambri piire paigutatud ja teist kimpu *B* soojendatakse kuumade gaasidega ümberringi. Katlasse antakse vett juurde vee eelsoojendist (ökonomaiserist) läbi toiteturude *C* (joonisel pole näidatud).



Joonis 3. Loomuliku tsirkulatsiooniga aurukatla ühe kontuuri lihtsustatud skeem.

Keeteturudes *B* muutub vesi osalt auruks ning moodustab vee ja auru segu, mille erikaal on väiksem selle vee erikaalust, mis täidab väljastpoolt kollet asuvaid allalasketorusid. Hüdrostaatiliste rõhkude erinevuse tõttu mõlemas torude süsteemides tõuseb torudes *B* asuv vee ja auru segu ülemisse trumlisse *I*. Mööda allalasketorusid liigub vesi alla ja suundub läbi alumise trumli *II* uuesti keeteturudesse. Nii tekib katlas töötava aine loomulik ringkäik. Vee massi iga ühik ringleb palju kordi mööda kinnist kontuuri seni, kuni ta täielikult aurustub. Küllastatud aur läheb trumlisest *I* toru *D* kaudu aurukuivatisse ja auru ülekuumendisse.

Toome siin mõningaid andmeid, mis iseloomustavad mitmesuguse tootlikkusega katlaid (tabel 2).

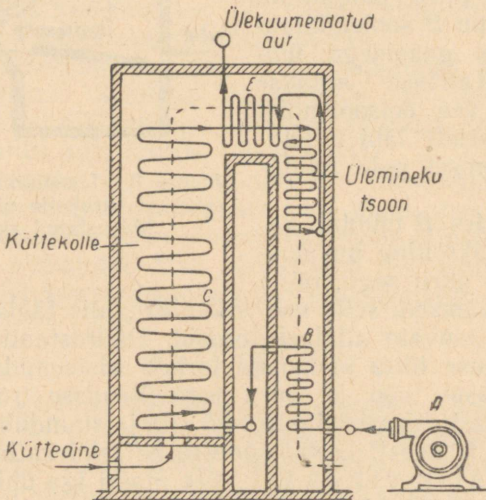
Üleliiduline Soojustehnika Instituut ehitas katla, mis töötab rõhul 300 at ja auru temperatuuril 600° C.

Nõukogude Liidus prof. L. K. Ramzin töötas välja uue aurukatla tüübi — otsevoolukatla. Otsevoolukatla töötamise printsiip on järgmine.

Toitepumba *A* abil antakse vesi ökonomaiserisse *B*

Sururõhk väljumisel ( $\frac{\text{kG}}{\text{cm}^2}$ )	Aurutootlikkus ( $\frac{\text{tonni}}{\text{tunnis}}$ )
8	kuni 2
13	„ 10
39	„ 100
100	„ 230

(joon. 4). Viimasest tuleb veel mitte keemiseni kuumutatud vesi keetetorudesse C, mida soojendatakse koldes põlevate gaaside poolt. Neid torusid mööda liikudes hakkab vesi keema. Torudest C väljumisel koosneb auru ja vee segu 80% aurust ja 20% veest.



Joon. 4. Otsevoolukatla skeem.

See segu suundub väljaspool katlat asuvasse ülemineku-tsooni D. Siin toimub ülejäänud vee aurustumine ja soolade sadestumine. Pärast seda läheb aur ülekuumendisse E. Seega siseneb toru ühest otsast vesi ja teisest otsast väljub ülekuumendatud aur. Vesi pannakse katlas liikuma pumba abil.

Otsevoolukateldel ei ole trumleid ja seda torude süsteemi, mida mööda läheb töötav keha allalaskuva joana keetetoru-

desse. Need on järelikult lihtsamad ja odavamad kui loomuliku ringlemisega trummelkatlad. Peale selle võib ehitada trummel-tüüpi katlaid kuni 180 at rõhule, kuna otsevoolukatlad võib ehitada rõhule, mis ületab 200 at. Rõhu suurendamine on seotud auru temperatuuri kasvuga. Kuid mida suuremad on aurumasinat või turbiini toitva auru parameetrid, seda suurem on aurujõuseadeldise kasutegur.

Nõukogude Liidus toimub järjekindlalt soojusjõuseadeldiste üleviimistöö kõrgetele auru parameetritele. See võimaldab suurt kütteaine kokkuhoidu.

Kütteaine kokkuhoid üleminekul kõrgetele auru parameetritele on näha tabelist 3.

Tabel 3.

Auru parameetrid		Kütteaine kulu
rõhk (at)	temperatuur (°C)	
30	400	1
90	480—500	0,88—0,85
170—225	550—600	0,76—0,70

1955. aastaks tõuseb meie maal aurukatelde toodang umbes 2,7 korda, võrreldes 1950. aastaga.

### Aurumasin.

Aurumasin on laialt levinud seal, kus liikumise algmomendil vajatakse suurt tõmbejõudu. Teda rakendatakse eriti laialdaselt raudteetranspordis. Aurumasin liigumise suunda on kerge muuta ja ta töötab ükskõik millise kütteainega. Siin ei ole vaja anda aurumasinat ehituse ja töötamise skeemi. Näitame siiski kätte ainult need sõlmküsimsed, millele tuleb pöörata erilist tähelepanu aurumasinat ehituse ja töötamise tundmaõppimisel VI klassis.

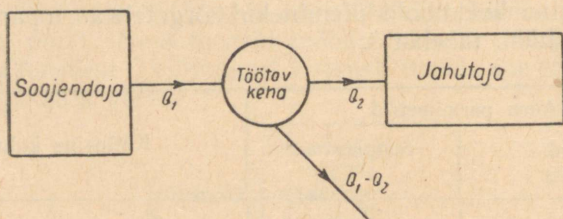
1. Translatorse liikumise muutmine pöörlevaks liikumiseks. Kolvivarda, liuguri, vända ja hooratta ülesanne.

2. Aurusiibri ülesanne. Aurusiibri ja kolvi liikumise kooskõla.

IX klassis tuleb neid küsimusi korrata ja näidata auru «ärälõikamise» tähtsust. Auru juurdepääs katlast silindrisse katkestatakse, kuna kolb jätkab oma liikumist endises suunas. Seetõttu väheneb paisuva auru rõhk silindris. On soovitatav, et see väheneks kuni jahutaja rõhuni. Sel teel

kasutatakse auru energia suuremal määral ära, misjärgi äratöötanud aur silindrist lahkuib.

IX klassis tuleb õpilastele selgeks teha aurujõuseadeldise kolme põhilise elemendi — soojendaja, töötava keha ja jahutaja — hädavajalikkus (joon 5). Jahutajaks võib olla ümbritsev õhk, kui äratöötanud aur lastakse atmosfääri, või kondenseerimisseadis — kui silindrist väljuv aur kondenseeritakse voolava veega. Auru kondenseerumise tulemusena on aururõhk jahutajas tunduvalt väiksem kui õhurõhk.



Joon. 5.

Töötav keha võtab soojendajalt soojushulga  $Q_1$  ja annab (koos äratöötanud auruga) jahutajale soojushulga  $Q_2$ . Järelikult läheb soojendaja poolt antud soojushulgast kasulikuks tööks ainult soojushulk  $Q_1 - Q_2$ . Kuna  $Q_1$  on suurem kui  $Q_2$ , siis kasutegur on

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < 1.$$

Siin tuleb õpilaste tähelepanu juhtida sellele, et töötavaks kehaks võib olla mitte üksi aur, vaid ka elavhõbe või mõni teine aine. Näiteks sisepõlemismootoris või gaasiturbiinis on töötavaks kehaks gaas. Masin ise on ainult niisuguseks seadiseks, kus toimub ühe energialiigi teiseks muundamise protsess. Selle muundamise tulemuseks on töö.

Toodud valemist järeldub, et mida suurem on vahe  $Q_1 - Q_2$ , s. o. mida rohkem soojust võetakse soojendajalt ja mida vähem seda antakse jahutajale, seda suurem on tehtud töö.

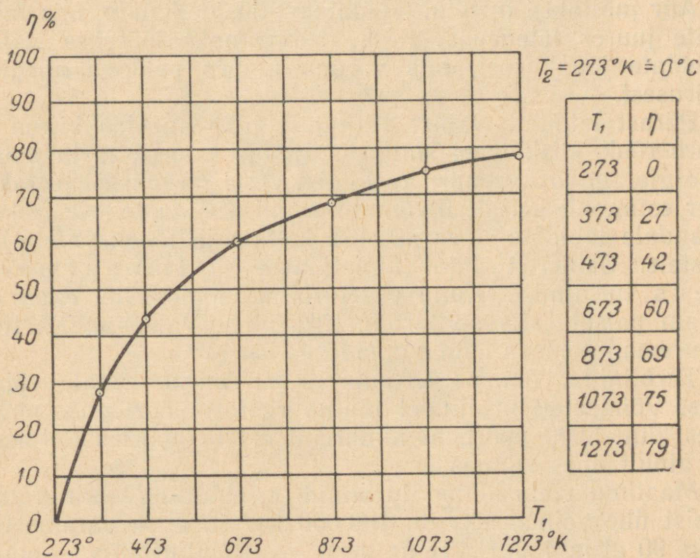
Ideaalse jõumasina kasuteguri määramiseks kasutatakse järgmist valemit:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

mis on arvutusteks kõige sobivam. Selle valemi tuletamist koolis ei nõuta.

Selles kursuse osas on soovitatav lahendada kolm näiteülesannet, mis illustreerivad seda fakti, et ideaalse jõumasina kasutegurit võib tõsta nii auru temperatuuri tõstmisega katlas kui ka temperatuuri madaldamisega jahutajas. Näiteks võib leida aurumasina kasuteguri, kui auru temperatuur katlas on  $180^{\circ}\text{C}$  ja jahutajas  $80^{\circ}\text{C}$ , aga seejärgi vastavalt  $200^{\circ}$  ja  $80^{\circ}$  ning lõpuks  $180^{\circ}$  ja  $60^{\circ}$ . Kasutegur on neil juhtudel 0,22, 0,25 ja 0,26. On ilmne, et masina kasuteguri tõstmiseks on soodsam madaldada jahutaja temperatuuri kui tõsta temperatuuri katlas. Kuid jahutaja temperatuuri tunduv madaldamine kutsub siiski esile terve rea tehnilisi raskusi. Seepärast on hakatud kaasajal kasutama kõrgemate auru parameetritega masinaid. Joonisel 6 on näidatud ideaalse soojusjõumasina kasuteguri soojendaja temperatuurist sõltuvuse graafik.

Kuna reaalses soojusjõumasinas läheb osa energiat hõõrdumise ületamisele masinas, masina jahtumisele seinte kaudu, auru väljavoolamisele jne., siis reaalse masina



Joon. 6. Ideaalse soojusjõumasina kasuteguri sõltuvus soojendaja temperatuurist.

kasutegur on väiksem, kui see järgneb ülaltoodud arvutusest.

Reaalse kolb-aurumasina kasutegur ei ole suurem kui 20%.

Aurumasinaid kasutatakse veduritel, väikestes elektrijaamades, aurikutel ja põllumajanduses kasutatavatel lokomotiividel.

Tuleb märkida, et NSV Liidus on loodud esmaklassilisi vedureid. Veduri  $\Phi\Delta$  võimsus ulatub kuni 3200 hobujõuni, tõmbejõud ligi 33,5 T ja kiirus kuni  $85 \frac{\text{km}}{\text{t}}$ .

Nõukogude Liidus on loodud võimas vedur CO, mille kondensaator on paigutatud piki tendri seinu. Äratöötanud aur läheb kondensaatorisse, kus teda õhuvooluga jahutatakse. Kondenseerunud aur läheb uuesti katla toitmiseks veega. Sellised vedurid on mõeldud töötamiseks veevaestes ja ilma veeta aladel.

## Auruturbiin.

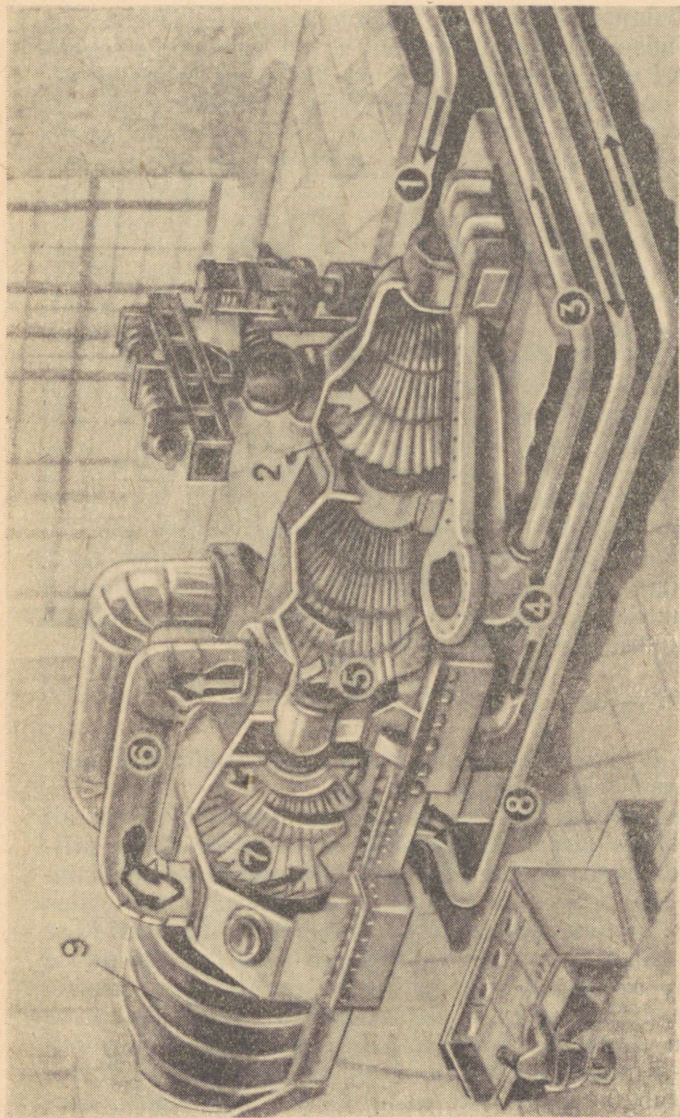
Auruturbiine kasutatakse laialdaselt elektrijaamades.

Aur juhitakse turbiini labidatele düüside kaudu, mis labidate juures laienevad. Kõige sobivamaks loetakse sellist labidate joonkiirust, mis võrdub umbes poolega aurujoa kiirusest.

Pärast labidate vahelt väljumist jääb aurujoa kiirus ja auru rõhk siiski veel suureks. Ei ole kasulik lasta suure energiatagavaraga auru turbiinist välja. Seepärast lastakse aur esimeselt kettalt liikumatu kanali kaudu teisele ja kolmandale labidatega varustatud kettale ja järgnevatele kettatele. Sellist turbiini nimetatakse mitmeastmeliseks turbiiniks. Kuna aur turbiini läbides üha enam ja enam paisub, siis on turbiini iga järgneva astme kettad suuremad eelneva astme omadest.

Turbiinide võimsus on suurem kui aurumasinate võimsus. Võimsatel turbiinidel ulatub rootori pöörlemise sagedus kuni 3000 pöördeni minutis. Turbiin pöörleb ühtlaselt ja ainult ühes suunas.

Maaailma võimsaimad turbiinid on ehitatud Leningradis. Neist ühe võimsuseks on 100 000 kW ja auru parameetriteks 90 at ja 480° C. Teine neist — «Rahuturbiin» — omab võimsust 150 000 kW ja töötab rõhul 170 at ja temperatuuril 550° C.



Joon. 7. Kaasaegne auruturbiin.

Toru 1 kaudu läheb aur kambriisse 2, paneb turbiini r ootori pöörlema ja väljub toru 3 kaudu. Toru 4 kaudu juhitakse aur kambriisse 5, kus see annab osa oma energiast turbiini ketastele ja läheb seejärgi toru 6 kaudu kambriisse 7. Siin annab aur veel osa oma energiast rootorile ja väljub turbiinist toru 8 kaudu. Turbiini taha on paigutatud elektrigeneraator-9. Generaatori ja turbiini rootorid on ühendatud ühisele völliile.

## Sisepõlemismootor.

Seda jõumasinat õpitakse tundma VI ja IX klassis. Soojuse õppimisel VI klassis on küllalt, kui vaadelda sisepõlemismootori ehituse skeemi ja tema töötamise printsiipi nii, nagu see on esitatud VI klassi õpikus. IX klassis tuleb seda skeemi korrata, kusjuures aga uus materjal peab koosnema kahest osast: tuleb kirjeldada sisepõlemismootori kasuteguri tõstmise viise ning võrrelda seda aurumasina omaga ja selgitada liikumise ülekandmise viisi mootorilt veoratas-tele. Karburaatori, jahutussüsteemi ja süüteküünla ehituse ja töötamise printsiipe võib vaadelda klassivälistes töödes.

**Sisepõlemismootori kasutegur.** Kütteainena kasutatakse neis jõumasinais bensiini, petrooleumi, ligroiini, naftat jt. Kütteaine imetakse karburaatorist mootori silindrisse ja siis surutakse kokku. Seetõttu kasvab tema rõhk (6—12 at) ja temperatuur (150—350°). Kui küttesegu küünla abil süüdatakse ja põleb, siis selle temperatuur kasvab veel rohkem, ligikaudu 1600—1800°-ni ja koos sellega rõhk suureneb 25—50 atmosfäärini. Selle rõhu tulemusena toimubki mootori töötakt. Äratöötanud gaaside temperatuur on väljalasketorust väljumisel 400—600°. Temperatuur, mille juures kütteaine põleb, on soojusallika temperatuuriks  $T_1$  ja temperatuur, mille juures toimub väljapaiskumine, on jahutaja temperatuuriks  $T_2$ .

$$\text{Kui } T_1 = 1800^\circ\text{C ja } T_2 = 600^\circ\text{C, siis } \eta = \frac{2073 - 873}{2073} \approx 0,58.$$

Tegelikult on sisepõlemismootori kasutegur näidatust väiksem ja tõuseb kuni 0,25-ni.

Diiselmootorites imetakse algul silindrisse õhk rõhu all (1-ne takt) ja pärast õhu kokkusurumist (2-ne takt) pritsitakse sinna vedelkütust (3-s takt). Surveaste on neis suurem (14—16) kui auto ja traktori karburaatormootorites (4,2—6,8). Kokkusurumise tõttu ulatub õhu rõhk kuni 40 at ja temperatuur tõuseb 600°-ni. 3-ndal taktil toimub kütuse pritsimine, süttimine ning põlemine ja põlevate gaaside paisumine. Kütus süttib kokkusurutud õhu kõrge temperatuuri tõttu (ilma süüteküünlata) ja segu temperatuur tõuseb 1900°-ni ning rõhk kasvab kuni 80 atmosfäärini. Kasutegur ulatub 0,4-ni. Toome kahe sisepõlemismootori, isesüütava (A) ja kõrvalise süütega (B), energieetilise bilansi (%-des) (tabel 4).

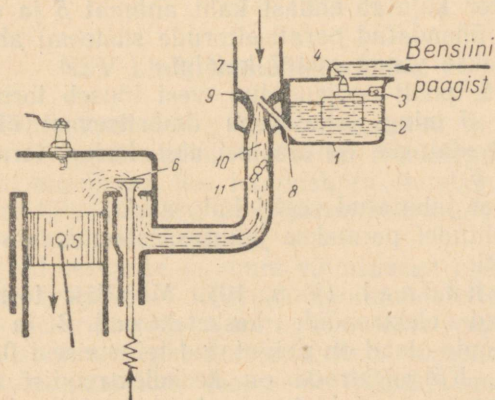
	A	B
Kasulik töö . . . . .	32—40	18—25
Mootori jahutamine veega . . . . .	20—35	15—20
Soojuse ärakandumine töötanud gaasidega . . . . .	25—40	25—50
Muud kaod . . . . .	5—8	8—12

Õpetaja võib tabeli andmeid kasutada füüsika ülesannete koostamiseks.

Allpool toodud lühikesi teatmeid karburaatori, jahutus-süsteemi ja süüteküünla ehituse ning töötamise kohta õpitakse tundma klassivälise töö korras füüsika või füüsika-tehnika ringidest osavõtjatega.

**Karburaator.** Kõrvalise süütega sisepõlemismootorites, näit. enamikes auto- ja traktorimootorites, on olemas karburaator. See on seadis, kus valmistatakse ette küttesegu, misjärgi see juhitakse mootori silindrisse. Karburaator (joon. 8) koosneb kambrist 1, kuhu voolab bensiin. Ruumis asub ujuk 2, mis on ühendatud kangikesega. Viimane võib telje 3 ümber pöörelda. Kui kambris on bensiini tase madalamal vajalikust, siis ujuk laskub allapoole ja nõel 4 avab augu, mida mööda bensiin tuleb ujukikambrisse.

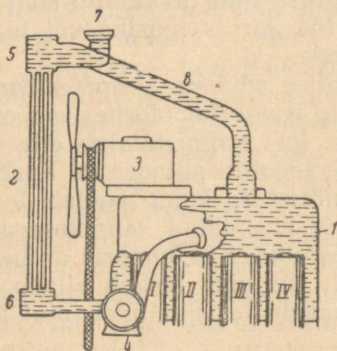
Silindri 5 liikumisel allapoole tekib tema kohal hõrendus. Samal ajal tõuseb klapp (ventiil) 6 üles. Rõhu vähenemise tõttu silindris suundub õhk mööda toru 7 ja bensiin juhi-



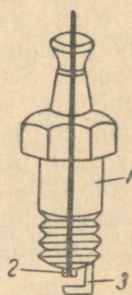
Joon. 8. Karburaatori ehitus.

takse mööda toru 8 pihustisse (difuusoris) 9. Kuna viimase ava on oma kitsas osas väiksem toru 7 ristlõikest, siis õhu kiirus siin suureneb. Õhk haarab endaga bensiini kaasa ja pihustab selle. Seguruumis 10 bensiin aurustub. Küttesegu suunatakse avatud klapi 11 kaudu mootori silindrisse.

**Jahutusüsteem.** Mootori töötamisel silindrid kuumenevad. Silindrite ja torujuhtmete metalli ülekuumenemise vältimiseks ehitatakse jahutussüsteem (joon. 9). See koosneb silindreid ümbritsevast jahutussärgist 1, radiaatorist 2, ventilaatorist 3, pumbast 4 ja torude süsteemist.



Joon. 9. Jahutussüsteem.



Joon. 10. Süüteküünla ehituse skeem.

Radiaator kujutab endast kaht anumad 5 ja 6, mis on omavahel ühendatud paralleeltorude süsteemi abil. Radiaator täidetakse veega ava 7 kaudu.

Silindrite poolt soojendatud vesi tõuseb toru 8 mööda anumasse 5 ning jahutatuna ümbritsevast õhust, mille voolu tugevdatakse ventilaatori abil, laskub torusid mööda anumasse 6.

Siit läheb jahutatud vesi jahutussärki.

Real juhtudel pannakse jahutussüsteemis vesi ringleva pumba abil.

**Süüteküünal** (joon. 10). Metallist torusse 1 on monteeritud elektroodid: keskelektrood 2 ja külgelektrood 3. Nende otsad on paigutatud teineteisest 0,6—0,8 mm kaugusele. Külgelektrood on keskelektroodist isoleeritud. Mootoris on veel induksioonpool (oma ehituselt meenutab transformaatorit, mille ehitusega on õpilased tuttavad

VII klassi füüsika kursusest). Selle sekundaarmähis on ühendatud künla elektroodidega ja seetõttu antakse neile kuni 15 000 voldine pinge. Nii kõrge pinge juures tekib silindris asuvate elektroodide vahel säde ja küttesegu süttib.

Sisepõlemismootoreid rakendatakse laialdaselt autodes ja traktorites, lennuväes ja veetranspordis (mootorlaevades), iseliikuvates kombainides ja reas elektrijaamades. Toome siin autode kohta niisuguseid andmeid (tabel 5), mida õpetaja võib kasutada ülesannete koostamiseks ja lahendamiseks, ekskursioonide läbiviimisel ja illustreeriva materjalina tundides.

Tabel 5.

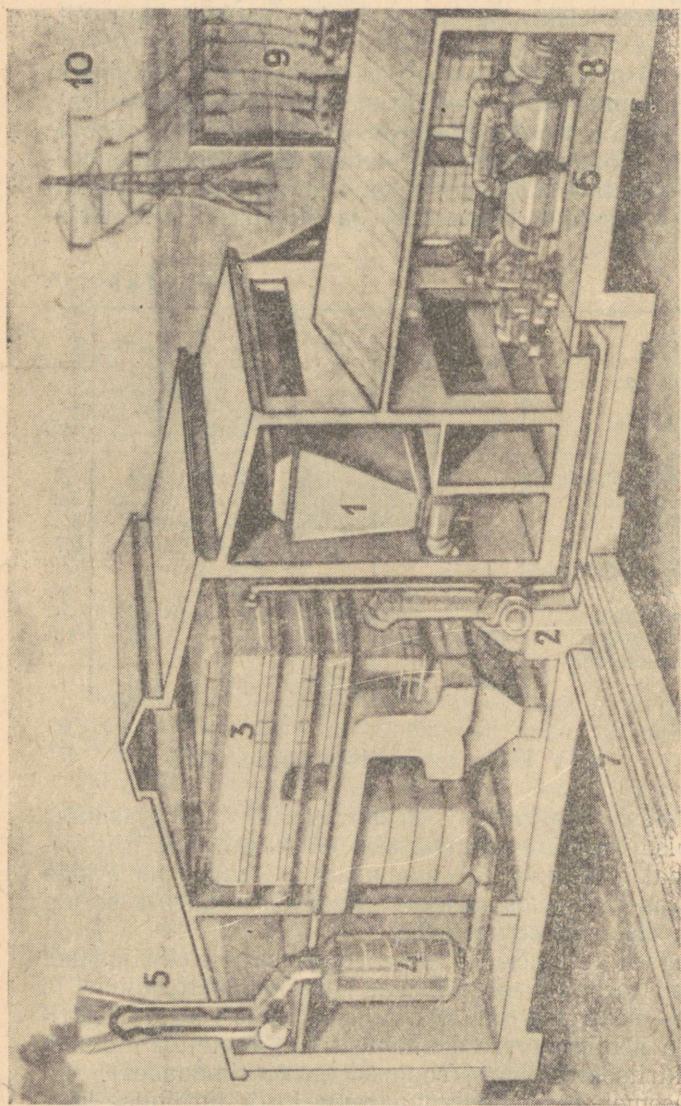
Nimetus	Kandejõud	Võimsus (HJ)	Kaal (kg)	Kiirus $\left(\frac{\text{km}}{\text{t}}\right)$	Kütteeaine kulu $\left(\frac{\text{liitrit}}{100 \text{ km}}\right)$	Surveaste (at)
Moskvitš (kergeõiduauto)		23	845	90	9	5,8
ГАЗ-М-20 (Pobeda)		50	1350	110	13,5	6,2
ЗИС-110		140	2575	140	27	6,85
ЗИМ		90	1827	130	16	6,7
Zvezda III-M (võidusõiduauto)		64	—	205	—	—
ЗИС-154 (autobuss)		110	8000	65	60	—
ЯАЗ-210 (veoauto)	10 T	168	10600	55	55	16
МАЗ-525 (isekallutaja-veoauto)	25 T	300	22000	30	170	—

### NSV Liidu termofitseerimine.

NSV Liidus teostatakse termofitseerimist hiiglasuures maastaabis. Termofitseerimise alal on Nõukogude Liit esimesel kohal maailmas. See tootmisharu etendab meie maa energeetikas tähtsat osa. Termofitseerimist arendatakse paralleelselt elektrifitseerimisega.

Kaasaegsed keskmise ja suure võimsusega elektrijaamad varustavad tarbijaid — tööstust, kommunaalettevõtteid ja elumaju — elektrienergiaga, auruga ja sooja veega. Elektrienergia ja soojusenergia kombineeritud tootmine toimub soojuselektritsentraalides (soojuselektrikeskjaamades).

Selle asemel, et äratöötanud auru lasta turbiinist kondensaatorisse, kus auru jahutatakse veereservuaarist tuleva



Joon 11. Soojuselektriijaam.

Kütteaine läheb punkrisse 1, seejärgi kuulveskisse 2 ja siis katla koldesse 3. Põlemisgaasid puhastatakse filtris 4 ja need väljuvad loõri 5 kaudu. Katlast läheb aur turbiini 6. Äratõotanud aur suunatakse toru 7 kaudu termofitseerimiseks. Turbiin paneb pöörlema elektrigeneraatori 8 rootori. Toodetud elektri-vool antakse edasi transformaatoriisse 9 ja seejärgi kõrgepingeliini 10.

voolava veega, kasutatakse seda tootmisvajadusteks (auruhaamrite töölepanemiseks, mitmesugusteks tehnoloogilisteks protsessideks, keemiatööstuses, toiduainetetööstuses ja teistes tööstusharudes); kommunaalettevõtetes (saunades, pesukodades) ja igapäevase elu vajadusteks (auru- ja vesikütteks, ventilatsiooniks). See vähendab märgatavalt kütteaine kulu tööstuses ja kommunaalmajanduses (aga järelikult ka transpordikulu kütteaine toimetamiseks tarbimiskohale), tõstab elektrijaamade kasutegurit ja parandab töötajate elu-olu.

Soojuselektritsentraalides kasutatakse kütteaine energiat umbes 20—50% võrra efektiivsemalt kui harilikud (kondensatsioon-) jõujaamades. On huvitav tuua järgmine näide. Võimsa kondensatsioon-elektrijaama (100 000 kW) soojuskadude arvel võib igas tunnis keema ajada 2000 m<sup>3</sup> vett. Termofitseerimise tulemusena on soojuselektritsentraalide poolt kokku hoitud kütteaine hulk umbes 2,5 miljonit tonni aastas<sup>1</sup>.

Soojuselektritsentraalid on kaasaegseteks energeetilisteks ehitusteks. Õpilastele tuleb öelda, et termofitseerimist viiakse NSV Liidus ellu alates 1924. aastast.

Partei XIX kongressi direktiivides NSV Liidu arendamise viienda viie aasta plaani kohta on öeldud:

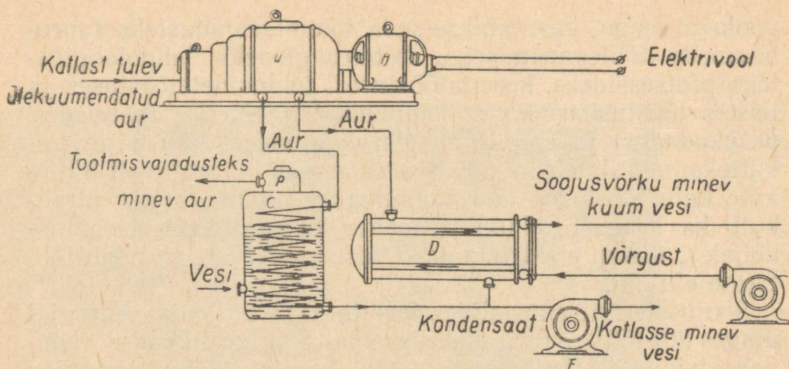
«Kindlustada soojuselektrikeskjaamade ja soojusvõrkude ehitamine linnade ja tööstusettevõtete laialdaseks varustamiseks soojusenergiaga»<sup>2</sup>.

Pärast nende teatmete andmist NSV Liidu termofitseerimise kohta, võib teha lihtsustatud skeemi, mis illustreerib äratöötanud auru kasutamise printsiipi (joon. 12).

Katlast väljunud ülekuumendatud aur läheb auruturbiini *A*, mille rootor on kinnitatud elektrigeneraatori *B* rootoriga ühisele võllile. Turbiin paneb pöörlema generaatori rootori, millelt saadakse elektrienergiat. Turbiinist läheb aur kahes suunas: aurumuundajasse *C* ja boilerisse *D*. Esimeses neist läbib äratöötanud (või pooleldi äratöötanud) aur torude süsteemi ja soojendab torusid ümbritsevat vett. Kuuma auru poolt ära antud soojuse arvel muutub aurumuundajas asuv vesi auruks (sekundaarseks auruks), mida kuivatatakse seadises *P* ja suunatakse mööda torusid toot-

<sup>1</sup> A. C. Горшков, Успехи теплофикаций в СССР, 1950.

<sup>2</sup> Partei XIX kongressi direktiivid NSV Liidu arendamise viienda viie aasta plaani kohta aastaiks 1951—1955, Eesti Riiklik Kirjastus, 1952, lk. 6.



Joon. 12. Skeem: Auru kasutamine termofitseerimiseks.

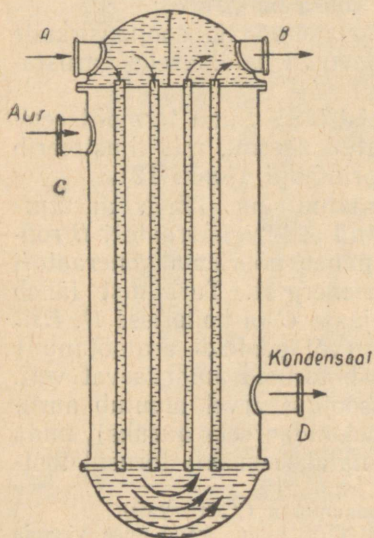
likeks vajadusteks, näiteks auruhaamrite, -presside ja -kompressorite töölepanemiseks või ka tehnoloogilisteks protsessideks. Aurumuundaja tootlikkus ulatub kuni 50 tonni tunnis ja mitmest aurutekitajast koosneva seadise oma kuni 200 tonni tunnis.

Kondenseerunud aur (kondensaat) toimetatakse pumba *E* abil uuesti katlasse. Sel viisil toidetakse katelt puhta veega.

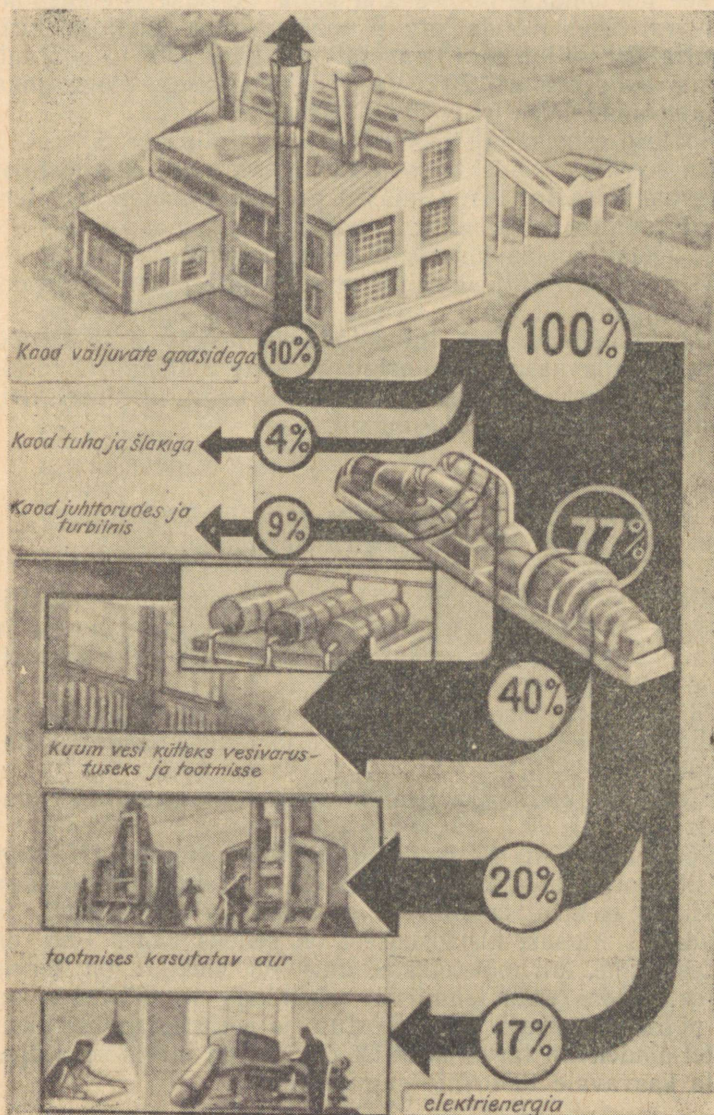
Kaasajal valmistatakse vett katelde jaoks väga hoolikalt ette. Seetõttu võivad katlad töötada mitte ainult kondensaadiga. Neil juhtudel suunatakse turbiinist tulnud aur otseselt tarbijatele, ilma et kasutataks aurumuundamis-seadiseid. See tõstab soojus-elektritsentraali ökonoomsust.

Turbiinist läheb äratöötanud aur boileritesse — seadistesse, mis soojendavad kommunaallettevõtetes (saunadesse, pesukodadesse) ja tootmisvajadusteks minevat vett.

Boileris (joon. 13) tsirkuleerib mööda torude süsteemi vesi, mis tuleb sinna toru *A* kaudu. Torusid soojendatakse kuumendava auruga väljast-



Joon. 13. Boiler.



Joon. 14. Soojuselektritsentraali energeetiline diagramm.

poolt, mis tuleb torust *C*. Kondensaat väljub toru *D* kaudu ja see pumbatakse pumba abil katlasse. Boileris soojendatud vesi läheb mööda toru *B* soojusevõrku. Soojuselektritsentraalist väljub vesi temperatuuril kuni 130° ja pöördub tagasi temperatuuril 70°. Vee edasiandmisel kauge maa taha soojendatakse seda enne 180°-ni.

Soojuse edasikandjateks võivad seega olla aur ja vesi.

On soovitatav vaadelda soojuselektritsentraali energaetilist diagrammi (joon. 14). Õpilased peavad omandama, et termofitseerimise teostamine:

- 1) tõstab soojusjõuseadeldise kasutegurit;
- 2) vähendab kütteainekulu ja selle tarbijateni transportimise mahtu.

On küllaldane, kui tutvustada õpilastele äratöötanud auru energia kasutamise printsiipi selle eraldamisel tarbijate jaoks aurumuundaja ja boileri abil ning soojuselektritsentraali soojuslikku diagrammi.

### **Elektrienergia kasutamine rahvamajanduses. NSV Liidu elektrifitseerimine.**

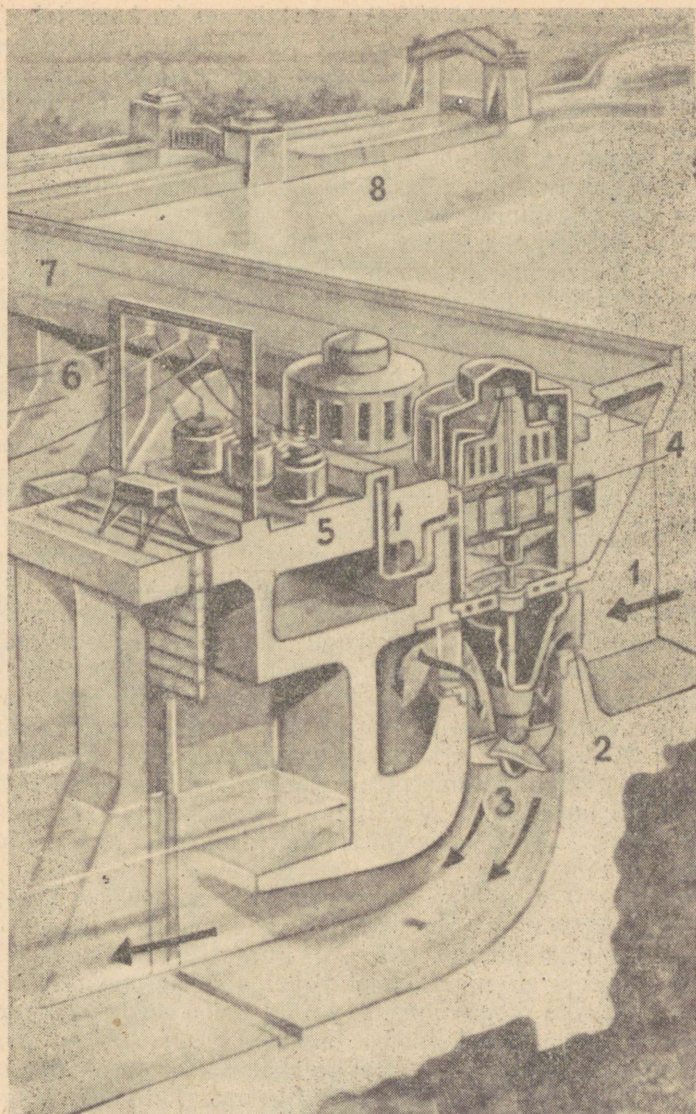
Elektriõpetuse õppimine VII ja X klassis lõpeb elektrienergia rakendamise küsimustega tööstuses, transpordis ja põllumajanduses, aga samuti ka NSV Liidu elektrifitseerimise teemaga.

Allpool esitatakse õpetaja jaoks materjali. Osa arvulisi andmeid võib kasutada ülesannete ja diagrammide koostamiseks.

Elekter on kaasaegse tehnika arengu energiaalaseks aluseks.

Pöördudes Vene Kommunistliku Noorsooühingu III kongressil noorte poole, rääkis V. I. Lenin: «Teie mõistate väga hästi, et elektrifitseerimiseks ei kõlba kirjaoskamatus, ja et üksnes lihtsast kirjaoskusest on selleks vähe. Siin on sellest vähe, kui mõistetakse, mis on elekter: on tarvis teada, kuidas seda tehniliselt rakendada nii tööstuses kui ka põllumajanduses ja ka tööstuse ja põllumajanduse ühiskutel aladel. On tarvis seda ise õppida, on tarvis seda õpetada kasvavale töötavale sugupõlvele»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> V. I. Lenin, Noorsooühingute ülesanded. RK «Poliitiline Kirjandus», Tallinn, 1944, lk. 11



Joon. 15. Hüdroelektrijaama skeem.

Kambrist 1 läheb vesi suunamislabidadele 2 ja seejärgi turbiini labadele 3. Turbiin paneb pöörlema elektrigeneraatori 4. Elektrivool juhitakse läbi transformatori 5 võrku 6. Transformaatori taga on näha veelangus. Arv 7 tähistab tammi ja arv 8 lüüsikambrit.

See ülesanne seisab füüsika õpetaja ees ka kaasajal.

Jutustades X klassi õpilastele NSV Liidu elektrifitseerimisest, on vaja näidata, et revolutsioonieelne Venemaa asus elektrienergia tootmises ühel viimastest kohtadest. Ühe inimese kohta tuli kokku 8 kWt elektrienergiat. See fakt, et 1950. a. toodeti NSV Liidus ühe inimese kohta rohkem kui 450 kWt elektrienergiat, räägib hiiglasuurest hüpest meie maa majanduslikus arengus.

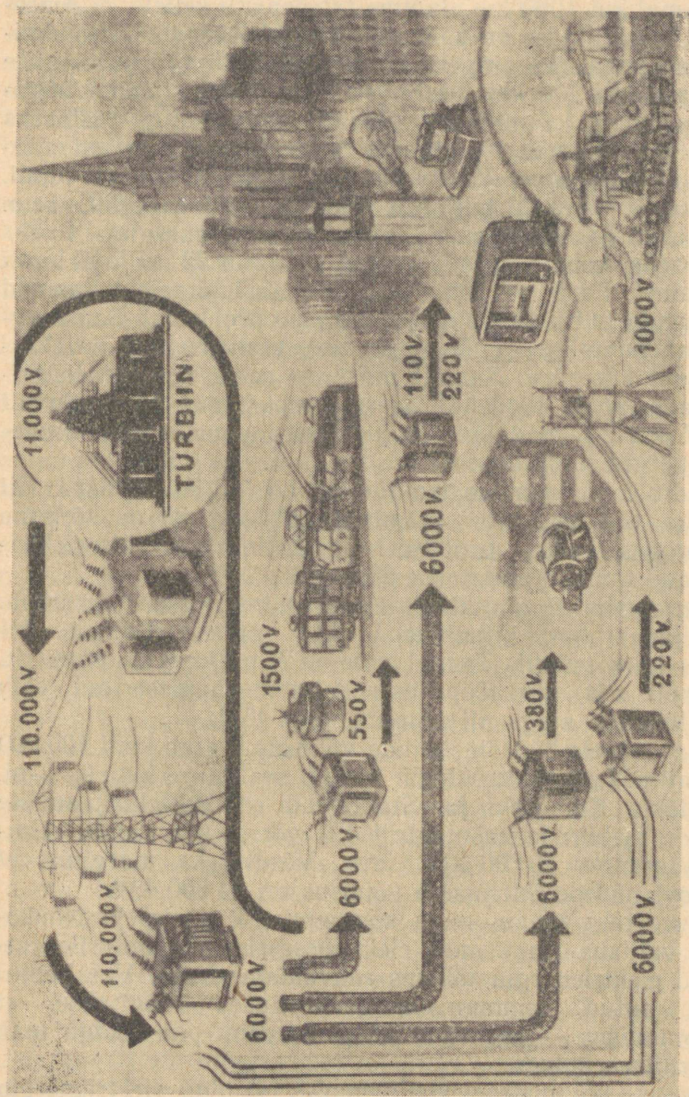
Pärast Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni oli esimeseks Venemaa rahvamajanduse ümberkujundamise plaaniks GOELRO plaan (1920). Selle järgi kavatseti ehitada 10—15 aasta jooksul elektrijaamu, mille koguvõimsus oleks 1 500 000 kW.

GOELRO plaani aluseks võeti järgmised printsiibid: ühtse energeetikamajanduse loomine, elektrijaamade ühendamine kõrgepingeliinide abil, kohaliku küteteaine ja hüdroenergia ressursside ärakasutamine, elektrienergia tootmise tsentraliseerimine, kogu tööstus- ja põllumajandustehnika ümberrelvastamine ja termofitseerimine. GOELRO plaan ületati 1935. aastaks 2,5 kordselt. 1913. aasta võimsuselt 1 miljonit kilovatti kasvas elektrijaamade võimsus 1937. aastaks 8,1 miljoni kilovattini. Kuni Suure Sotsialistliku Oktoobrirevolutsioonini oli kogu Venemaa elektrijaamade energiatoodang 1,6 miljonit kilovatt-tundi aastas. Praegu annab juba üksi Dnepri hüdroelektrijaam rohkem elektrienergiat kui kõik revolutsioonieelse Venemaa elektrijaamad kokku. Elektrienergia rakendamist juurutatakse üha laialdasemalt ja laialdasemalt meie maa rahvamajanduse mitmesugustes harudes. Elektriajami rakendamisega tehastes, vabrikutes, kaevandustes ja šahtides muutus tootmisprotsessi iseloom.

Juba 1950. a. ulatus elektrienergia aastane toodang 90 miljardi kilovatt-tunnini, kusjuures jaamade võimsus oli suurem kui 22 miljonit kilovatti. Pärast kõigi viienda viie aasta plaanis ettenähtud elektrijaamade ehitamist kasvab elektrijaamade koguvõimsus umbes kaks korda ja hüdroelektrijaamade oma kolm korda.

Umbes 75% elektrienergiat saadakse käesoleval ajal kohalike küteteaineliikide arvel. Veidi enam kui 10% langeb hüdroelektrijaamade arvele. On kindlaks tehtud, et NSV Liidu jõgede võimsus on ligikaudu 192 miljonit kilovatti.

Kuibõševi hüdroelektrijaam hakkab töötama võimsusel 2,1 miljonit kilovatti ja andma igal aastal 10 miljardit kilo-



Joon. 16. Elektrienergia mitmesugune kasutamine.

vatt-tundi energiat. Üle 6 miljardi kilovatt-tundi energiat antakse edasi pingel 400 000 volti Moskvasse, mis asub kaugemal kui 1000 km. Juhime tähelepanu sellele, et Ameerika Ühendriikides on saavutatud elektrienergia ülekandmisel maksimaalseks pingeks kõigest 287 000 volti ja kauguse piiriks ainult 430 km. Stalingradi hüdroelektrijaama võimsuseks tuleb 1,7 miljonit kilovatti ja tema iga-aastaseks energiatoodanguks 10 miljardit kilovatt-tundi. Sellest energiast antakse edasi Moskvasse 1,2 miljardit kilovatt-tundi. Selleks, et toota 22 miljardit kilovatt-tundi energiat, s. o. uute elektrijaamade poolt aastas antavat energiat, tuleks muretseda, kohale vedada ja ära põletada 22 miljonit tonni kütteainet. Peab märkima, et nõukogude hüdroelektrijaamad ei lahenda mitte üksi energia saamise probleemi. Samaaegselt lahendatakse ka jõelaevanduse, vesivarustuse, kalakasvatuse jt. küsimusi. Samuti märgime seda, et hüdroelektrijaamade poolt toodetud energia maksumus on tunduvalt (5—7 korda) madalam soojuselektrijaamade poolt toodetud energia maksumusest.

Hüdroelektrijaamade tammid on keerulised ehitused. Nii näiteks tuli veesurve saamiseks ehitada 38 m kõrgune Dneprogesi tamm. Kuibõševi ja Stalingradi hüdroelektrijaamade tammid ehitatakse 25 m kõrgused.

Suuremahulisi mullatöid teevad mitmesugused masinad. Tsimljanski tammi muldkeha uhuti pinnasepumpade abil kokku kiirmeetodil. Tammi maht on 28 miljonit kuupmeetrit.

Ainult siis, kui tööprotsessid on mehhaniseeritud, võib teha lühikese ajaga nii suuremahulisi töid.

Kaasaegsete hüdroturbiinide võimsus ulatub kuni 100 000 kilovatini. Turbiini kasutegur küünib sealjuures kuni 97% -ni. Kui tõsta Kuibõševi ja Stalingradi hüdroelektrijaamade kõikide turbiinide kasutegurit 1% võrra, siis nende võimsus suureneks 40 000 kW võrra. Võrdluseks märgime, et Volhovi hüdroelektrijaama võimsus on 64 000 kW.

Suure tähelepanu, mida kommunistlik partei ja Nõukogude valitsus osutab maa elektrifitseerimisele, on esile kutsunud elektrienergia tähtsus rahvamajanduses. V. I. Lenini poolt antud kommunismi määratluses räägitakse, et «kommunism — see on nõukogude võim pluss kogu maa elektrifitseerimine».

Soojus- või hüdroelektrijaamades saadud elektrienergia antakse edasi tarbimiskohta — tööstusettevõtetele, transporti või põllumajandusse (joon, 16).

Õpilased peavad aru saama, et elektrienergia rakendamise on mehhaniseerimise, termofitseerimise ja automatiseerimise arenemise aluseks. Seda mõtet tuleb selgitada konkreetsete näidete abil.

Elektrienergiat kasutatakse rahvamajanduses järgmistel eesmärkidel.

1. Materjalide mehhaanilisel töötlemisel — lõikamisel, hõõveldamisel, stantsimisel, tagumisel jms.

2. Materjalide töötlemisel kõrgel temperatuuril — sulatamisel, lõõmutamisel, karastamisel, keevitamisel jms.

3. Elektrokeemiliste protsesside — metallide puhastamise, galvanoplastika, elektropoleerimise, galvanosteegia ja teiste selliste juures.

4. Materjalide töötlemisel madalatel temperatuuridel — kuivatamisel, soojendamisel, aurutamisel jne.

5. Valgustuseks.

Esimest liiki protsessideks kulutatakse kuni 20% energiat, teist ja kolmandat liiki protsessideks umbes 50% ning neljandat liiki protsessideks 30%. Valgustamiseks kulutava energia erikaal on kõigest umbes 1%.

Järjekindel ja üha laialdasem elektrienergia juurutamine rahvamajanduse eri harudesse on kaasajal tootmise arengut määravaks suunaks. Tööpingid ja üksikud agregaadid on varustatud individuaalsete elektriajamitega. Nii näiteks sammuv ekskavaator ЭИИ-14/65, mille kopa maht on 14 m<sup>3</sup> ja poomi pikkus 65 m, on varustatud 48 elektrimootoriga üldvõimsusega 7000 kW. Kõik selle tähelepanuväärse masina käsitlemisega seotud operatsioonid on elektrifitseeritud. See masin võtab tunnis välja 1000 m<sup>3</sup> pinnast ja asendab umbes 10 000 töölist. Sellest faktist nähtub, millist osa etendab töö mehhaniseerimine ja milles seisneb tema tähtsus. Toome veel ühe näite inimeste poolt tehtava töö asendamise kohta masinate tööga. Šatura hüdroelektrijaama ehitamisel kulutati jaama võimsuse iga kilovati kohta 220 inimtööpäeva, Dneprogesi ehitamisel 37 ja Kuibõševi hüdroelektrijaama ehitamisel 9 inimtööpäeva.

Elektrienergiat rakendatakse laialdaselt ka paljudes teistes tootmisharudes. Elekterkeevitus tõrjub välja neetühenduse. Elekterkeevitamisel võib saavutada protsessi kiiruseks kuni 1000 m/min. Selline kiirus võimaldab töötootlikkust tõsta kümnekordseks. Seejuures parandatakse keevitusõmbluste kvaliteeti ja vähendatakse elektrienergia kulu.

Elekter on leidnud rakendamist ka metallide karasta-

misel. Kõrgsagedusvoole kasutatakse edukalt pindmiseks karastamiseks, metallide kuumutamiseks ja teistel eesmärkidel.

Toome sellise näite. Traktori XT3 võlli karastamine kõrgsagedusvoolude abil kestab kõigest 45 sekundit. Kui rakendada tavalise termilise töötlemise võtteid, siis kuluks selleks operatsiooniks 4 tundi. Kõrgsagedusvoole kasutatakse ka mitmesuguste materjalide kiireks kuivatamiseks.

Tootmise elektrifitseerimise astet iseloomustab elektrifitseerimise koefitsient, mis on kõikide elektrimootorite võimsuse suhe kõikide rahvamajanduses rakendatavate jõumasinate võimsusega. NSV Liidus suurenes elektrifitseerimise koefitsient viisaastakute jooksul 0,65-lt kuni 0,85-ni. See koefitsient on kõrgem kui ühelgi Lääne-Euroopa riigil ja mõnel alal kõrgem kui Ameerika Ühendriikides.

Elektrienergiat rakendatakse laialdaselt ka raudteetranspordis. 1926. a. võeti eksploatatsiooni NSV Liidus esimene elektrifitseeritud raudteeliin, pikkusega 19 km (Bakuu linn — Sabuntši ja Surahhanõi). 1935. aastal oli elektrifitseeritud teede pikkus 1030 km, 1945. aastal 2040 km ja 1950. aastal 7360 km. NSV Liidu arendamise viienda viie aasta plaani järgi aastaiks 1951—1955 peab elektrifitseeritud raudteede pikkus suurenema 4 korda.

Raudteetranspordi sellise kiire elektrifitseerimise kutsuvad esile elektrienergia rakendamise eelised transpordis.

Võrreldes aururongidega suureneb elektrifitseeritud teedel veovõime 2—2,5 korda. Samuti suureneb kiirus ja rongide kaal ning väheneb peatuste aeg.

Elektrifitseeritud teedel kahaneb teenindav personal ühele neljandikule ja eksploatatsioonikulud vähenevad kolmekordselt. Toome elektrivedurite kohta mõned iseloomulikud andmed. Neid andmeid võib kasutada ülesannete lahendamisel.

Seeria BJI-22-M elektrivedur asendab võimsuse poolest 2—3 seeria Э auruvedurit. Elektrivedur on varustatud 340-kilovattise võimsusega mootoriga ja tema koguvõimsus ületab 200 kilovatti. Moskva metroo mootorvaguni võimsus on 610 kilovatti.

Elektriveduri kiirus maksimaalse tõmbejõu ja 750 voldise pinge juures kontaktjuhtmes on 15 km/t. Mootori normaalne tõmbejõud on 3200 kG. Elektriveduri kaal on 50 T ja tema kasutegur 70%.

Raudteetranspordi elektrifitseerimise perspektiivid on

meil erakordselt soodsad, sest meil on laialdane territoorium ja tohutud elektrienergia allikate varud (jõgede vesi, tuul, kohalikud kütteineliigid).

Piiramatud võimalused on rajatud põllumajanduse elektrifitseerimiseks. Partei XIX kongressi direktiivides NSV Liidu arendamise viienda viie aasta plaani kohta on öeldud: «Pidada üheks tähtsaimaks ülesandeks elektritraktorite kasutuselevõtmist ja elektrienergia baasil töötavate põllutöömashinade kasutuselevõtmist, eriti suurte hüdroelektrijaamade rajoonides».<sup>1</sup>

Samuti on märgitud terve rea töömahukate protsesside mehhaniseerimise lõpuleviimine. Selle mehhaniseerimise tähtsaks baasiks on elekter. Viienda viisaastaku lõpuks on elektrifitseeritud 70% traktorijaamu ja 12% kolhoose.

Põllumajanduses rakendatakse umbes 400 elektrimasinat ja -aparaati. Elektrienergiat kasutatakse kündmiseks, rehepeksuks, sööda ettevalmistamiseks, vesivarustuseks, lehmade lüpsiks, lammaste pügamiseks, veskite ja lauavabrikute käimapanemiseks, kasvuhoonete ja kuivatite soojendamiseks, valgustamiseks jm.

Elektritraktorile on sisepõlemismootori asemel paigutatud 40-kilovatise võimsusega elektrimootor. Elektrienergiat antakse liikuvast alajaamast, mis madaldab pinget kuuelt või kümnele kilovoldile kuni elektrimootori tööpingeni 1000 volti. Energia kulu 20—25 cm sügavuse künni juures on 45 kWt ühe hektaari kohta. Painduv kaabel keritakse pöörlevale trumlile. Kaabel on kuni 750 m pikk. Alajaama ühe ja sama asendi puhul võib elektritraktor üles künda 30—50 hektaari.

Rehepeksumasin pannakse tööle umbes 13 kilovatise võimsusega elektrimootori abil. Mootor on kolmefaasine lühistatud mähisega. 1 hektaari teraviljasaagi peksuks kulub 10 kuni 15 kWt energiat.

Elektrienergia tuli inimesele appi ka selliste tööde juures, nagu seda on lehmade lüpsmine. Vaakuumseadis pannakse tööle 2,5 kilovatise võimsusega elektrimootori abil. Vaakuumseadisest tuleb piki lauta torujuhe, millega on ühendatud lüpsiaparaadid. Ühe lehma lüpsmiseks kulub 60—80 Wt, mis moodustab aastas umbes 50 kWt.

Õpilastele võib materjali elektrifitseerimise küsimuste

---

<sup>1</sup> Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei XIX kongressi resolutsioonid. Eesti Riiklik Kirjastus, 1952, lk. 19.

kohta esitada mitmesugusel kujul. Üksikuid näiteid tuleb tuua tunnis uue materjali esitamisel. Masinaid iseloomustavaid arvulisi andmeid on otstarbekohane kasutada ülesannete koostamiseks. Elektrifitseeritud masinate, seadiste ja aparaatide töö vaatlemiseks võib edukalt näidata kinofilme ja viia läbi ekskursioone.

### Fotoelementide rakendamine.

Vastavalt kehtivale programmile õpitakse XI klassi füüsika kursuses fotoelemente ja nende rakendusi. Sellesse teemasse kuuluvad järgmised küsimused: fotoefekti avastamine, A. G. Stoletovi uurimused, välise fotoefektiga fotoelement, fotoelementide rakendamine.

Fotoelementide kõigest mitmekesistest rakendustest tehnikas ja mõõtmispraktikas tuleb peatuda nende kasutamisel fotorelee juures. Algul on vaja jutustada, et kaasaegses tootmises ja kontroll-mõõtetehnikas on kõige suurem osa automaatikal ja telemehhaanikal.

Elektrienergia tootmine hüdroelektrijaamades, nafta ümbertöötamise protsessid, pumbajaamade töö, detailide valmistamine masinaehitustööstuse jaoks, telefoniside ja paljud teised tootmisprotsessid on automatiseeritud.

Praegusel ajal juurutatakse laialdaselt kompleksset automatiseerimist. Kompleksne automatiseerimine seisneb selles, et üksikute toomisprotsesside automatiseerimiselt minnakse üle tsehhide, vabrikute ja tehaste kõikide protsesside automatiseerimisele tervikuna.

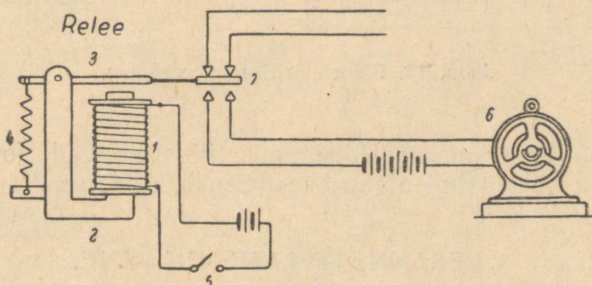
Automatiseerimine võimaldab kiirendada tehnoloogilisi protsesse, suurendada üksikute agregaatide võimsust, tõsta materjalide töötlemise täpsust jms.

Automaatseadeldistes rakendatakse mitut tüüpi releed: elektromagnetilisi, temperatuurseid, elektrilisi jt. releed. Väga levinud on elektromagnetilised releed ja fotoreleed, millede ehitust ja töötamise printsiipi võib vaadelda tundides.

Elektromagnetiline rele on fotorelee elektrilise skeemi tähtsaim koostisosa. Selle ehituse ja töötamise näitel võib õpilastele arusaadaval kujul selgitada elektrivoolu juhtimise printsiipi ükskõik millist tüüpi rele abil.

Elektromagnetiline rele (joon. 17) koosneb raudsüdamikule 2 pandud traatpoolist 1. Pooli kohale on asetatud ankur 3, mida ühest otsast tõmbab tagasi vedru 4. Välja-

lülitatud lüliti 5 korral on elektrimootori 6 vooluring lah-tine. Kui lüliti sisse lülitada, siis tõmbub ankur 4 elektro-magneti külge ja seetõttu relee kontakt 7 suleb elektrimoo-tori vooluringi.



Joon. 17. Elektromagnetilise relee skeem.

Esitatud skeemilt on näha, et relee etendab voolu lülilja ja katkestaja osa.

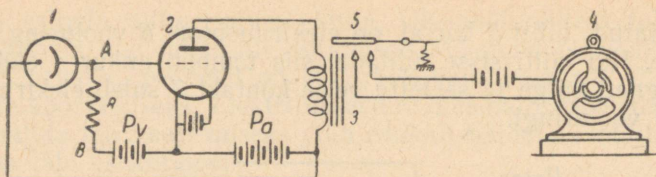
Relee sissetoomise mõtte skeemi seisneb selles, et väikese võimsuse abil sulgeda suuri võimsusi tarvitavaid vooluringe või muuta neis võimsust.

Joonisel 18 on esitatud lampvõimendajaga fotorelee skeem. Fotoelemendi 1 katood on ühendatud trioodi 2 võrega. Anoodpatarei *Pa* toidab lambi anoodahelat ja tema positiivne poolus on ühendatud fotoelemendi anoodiga. Kui fotoelemendile valgust ei lange, siis võreahelat (katood — võre — takistus *R* — patarei *Pv* — katood) läbib alalisvool. Lambi anoodahelas, kuhu on lülitatud elektromagnetiline relee 3, on voolutugevus suhteliselt väike. Seetõttu ei tõmbu ankur 5 raudsüdämiku külge ja mootor 4 ei hakka töötama. Kui fotoelementi valgustada, siis relee «töötab»: vool fotoelemendi ahelas suurendab võre potentsiaali, selle tulemusena tugevneb anoodvool, ankur 5 tõmbub raudsüdämiku külge ja lülitab sisse mootori.

Niiviisi, muutes fotoelemendi valgustust, võib sisse lülitada lisavooluringi, s. o. panna tööle masinaid, tööpinke, elektri-, valgus- ja helisignalisatsiooni jms.

Fotorelee hakkab väga kiiresti tööle, näiteks  $10^{-7}$  sek. jooksul.

Elektronaparaatidel on väga väike inertsus ja seetõttu rakendatakse neid laialdaselt automaatseadeldistes, telemehaanikas ja mõõtmistehnikas.



Joon. 18. Fotoelektrilise relee skeem.

Demonstratsioonseadeldisi, mis illustreerivad fotorelee tööd, on kirjeldatud ajakirjas «Физика в школе».<sup>1</sup>

## ÜLESANNETE LAHENDAMINE.

Füüsika ülesannete lahendamise metoodikat on käsitletud küllalt üksikasjaliselt. Selle metoodika üldiseid juhiseid ei ole siin vaja korrata. Mõningaid füüsika ülesannete sisu ja nende lahendamise metoodika küsimusi tuleb käesoleval ajal kasutada polütehnilise õpetuse eesmärkideks.

Ülesannete lahendamine võimaldab teooriat tihedamalt siduda praktikaga, arendab õpilastes oskusi oma teadmiste rakendamiseks praktilises tegevuses.

Õpilased lahendavad füüsika õppimisel palju ülesandeid. Kuid väga sageli on need ülesanded abstraktsed ja ilma igasuguse praktilise sisuta.

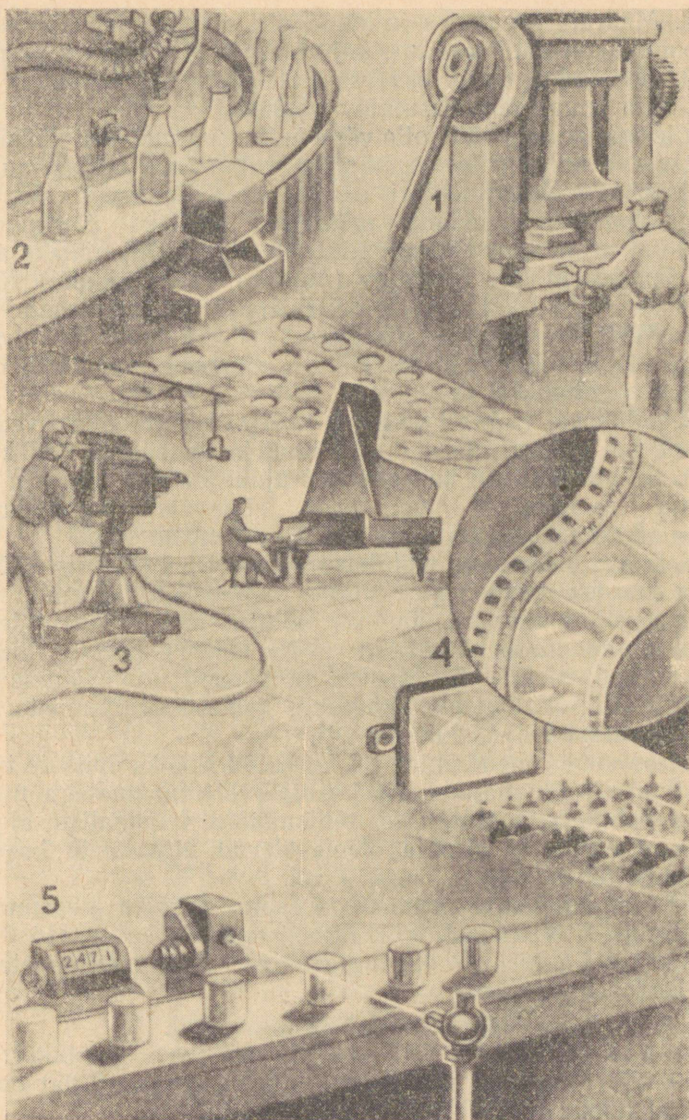
Iga füüsika osa kohta võib koguda ja koostada tehnilise sisuga ülesandeid. Selleks tuleb laialdaselt kasutada arvulisi andmeid, mis iseloomustavad mitmesugust masinate ja riistade — autode, traktorite, elektrimootorite ja soojendusriistade tööd. Selliseid ülesandeid lahendavad õpilased näiteks õpetaja S. S. Molodenski poolt antavates füüsika tundides (Leningradi 210. keskkool).

Tunduvalt rohkem tuleb lahendada ülesandeid koos katsete kasutamisega. Selliste ülesannete hinnatavus seisneb selles, et nende lahendamiseks tuleb tingimata korraldada katseid.

Toome selliste ülesannete näiteid:

1. Määrata katselisel teel kronsteini osadele mõjuvad jõud, kui ülesriputatava koormuse kaal on teada.

<sup>1</sup> Б. М. Сметанин, Электронные реле, ajakirjas «Физика в школе» 1950, nr. 3, lk. 60—66.



Joon. 19. Fotoelementide mitmesuguseid rakendusi.  
 1 — ohutustehnikas, 2 — kontrollimisel tootmises, 3 — televi-  
 sioonsaate edasiandmisel, 4 — helikinos ülesvõetud helide taas-  
 tamisel, 5 — valmis detailide automaatsel loendamisel.

2. Määrata arvutades ja katseliselt elektripliidi (tõlviku) kroomnikkeltraadi takistus, kui võimsus ja pinge on antud.

3. Koostada valmis osadest alalisvoolu elektrimootor ja määrata tema poolt kasutatav võimsus.

Ülesannete sisu võib olla väga mitmesugune. Kui füüsika õpetaja seab endale eesmärgiks tutvustada õpilasi auto, traktori või elektrimootori ehituse ja töötamisega, siis on väga kasulik lahendada mõningad sellised ülesanded, mille sisu on seotud nende masinate tööga. Nii näiteks andis õpetaja M. M. Terentjev (Moskva 443. keskkool) füüsika õpetamisel VIII klassis õpilastele järgmised ülesanded:

1. Määrata gaaside rõhumine traktori mootori kolvile enne nende väljumist, kui silindri diameeter on 10,15 cm ja gaasi rõhk 3,75 at.

2. Määrata traktori võimsus koormatud platvormi vedamisel, kui traktori kiirus on 4,4 km/t ja tõmbejõud 1000 kG.

3. Silindrikujulise karburaatori ujuki kõrgus on 3 cm ja põhja raadius 4 cm. Kui sügavale petrooleumi ( $d=0,8 \text{ G/cm}^3$ ) vajub ujuk, kui tema kaal on 68 G?

Selliseid ülesandeid võib lahendada seoses järgmiste füüsika kursuse teemadega: Newtoni seadused, hõõrdumine, mehhaaniline energia, jõudude liitmine ja komponentideks lahutamine, lihtmehhanismid (VIII klass); pöörlev liikumine, soojus ja töö, gaaside omadused, soojusjõumasin (IX klass); alalisvoolu seadused, generaatorid, mootorid, transformaatorid (X klass).

Ülesannete lahendamine on heaks vahendiks õpilaste tutvustamisel põllumajanduses kasutatavate masinatega ning nende ehituse ja töötamise tähtsaimate füüsikaliste alustega. Kahjuks ei sisalda olemasolevad ülesannete kogud selliseid ülesandeid peaaegu üldse.

Põllumajanduslike masinatega seotud füüsika ülesannete koostamisel, valimisel ja kontrollimisel on suure töö ära teinud Tšeljabinski Pedagoogilise Instituudi vanemõpetaja A. Dodosova-Usova.

Toome ära mõningad sedaliiki ülesanded.

1) Roomiktraktor CT3-НАТИ kaalub tööolukorras 5100 kG. Mõlemate roomikute toetuspind on 15 360 cm<sup>2</sup>. Millist rõhku avaldab traktor maapinnale?

2) Iseliikuv kombain liigub kiirusega kuni 9 km/t. Kombaini haardelaius on 5 m. Kui suure pindalaga maatüki koristab kombain 8 töötunni jooksul?

3) Kombain kaalub 5100 kG. Kui suur on traktori tõm-

bejõud kombaini transportimisel mööda põldu, kui kombaini liikumisel hõõrdumiskoefitsient on 0,15?

4) Kui suure töö teeb heinatõstuk, kui ta tõstab 200-kilogrammise raskusega heinasao 5 m kõrgusele?

5) Kui palju tööd tegi kombaini «Kommunaar» slepas vedav traktor, kui kombain koristas viljasaagi 9,2 hektaarilt?

Kombaini haardelaius on 4,6 m ja tõmbetakistus 800 kG.

6) Mitu kombaini «Stalinetz-6» tuleb haakida traktori CT3-HATI külge, et viimast täielikult koormata, kui see liigub kiirusega 4,5 km/t? Kombaini tõmbetakistus on 900 kG. Võimsus traktori haagil on 32 HJ.

Et välja selgitada ülesande füüsikalist ja tehnikalist sisu, tuleb selle lahendamisel pöörata suurt tähelepanu ülesande tingimuste ettevalmistavale analüüsile. Ülesannete lahendamine arendab õpilastes arvutamislõpmust ja tabelite kasutamise oskust. Saadud tulemuste kõrvutamine reaalsete andmetega võimaldab hinnata tehtud vea suurusjärku ja iseloomu.

Paljude ülesannete lahendamiseks on vaja koostada jooniseid ja skeeme. Need peavad õigesti peegeldama ülesande füüsikalist-tehnikalist sisu. Jooniste, skitside ja mitmesuguste geomeetriliste konstruktsioonide kasutamine ülesannete lahendamisel arendab õpilaste harjumusi ja oskusi.

Tuleb laialdasemalt rakendada füüsika ülesannete graafilist lahendamise võtet. See on paljudel juhtudel kõige lihtsam ja küllalt täpne lahendamise viis. Selle küsimuse kohta on esitatud konkreetset materjali L. I. Reznikovi raamatus «Графические упражнения и задачи по физике».

Õpilaste poolt algebra, geomeetria ja trigonomeetria tundides saadud teadmisi tuleb füüsika õpetamisel kasutada. Samuti võivad õpilased matemaatika tundides lahendada mõningaid füüsikalise sisuga ülesandeid, näiteks kinemaatika, jõudude liitmise ja komponentideks lahutamise, pöörleva liikumise, Ohmi seaduse jt. kohta. Selline matemaatika ja füüsika vaheline vastastikune seos aitab õpilastel omandada neis õppeaineis sügavamaid ja kindlamaid teadmisi.

## LABORATOORSED TÖÖD.

Nõukogude õpetajad ja metoodikud on välja töötanud mitmesugust liiki laboratoorsete tööde sisu ja metoodika. Siin ei ole vajalik korrata seda, mida selle küsimuse kohta

üksikasjalikult räägitakse metoodilistes käsiraamatutes. On tarvis peatuda ainult üksikuil polütehnilise õpetuse jaoks tähtsatel küsimustel.

Üheks tähtsatest etappidest looduse tundmaõppimise eksperimentaalsete meetodite valdamisel, praktiliste oskuste ja harjumuste arendamisel ja lihtsaimate mõõteriistade ja seadistega vahetul tutvumisel, on laboratoorsete tööde sooritamine õpilaste poolt.

Laboratoorsetes töödes avaldub suur õpilaste iseseisvus, äratatakse õppeaine vastu sügav huvi, arendatakse aktiivsust, initsiatiivi ja leidlikkust, kasvatatakse visadust ja tahet, et saavutada eesmärk ja võita raskused.

Juba üksi need omadused, mis on õpilaste juures välja arendatud laboratoorsete tööde läbiviimisel, näitavad nende tööde tähtsust noorte õpetamisel ja kasvatamisel.

Laboratoorsete tööde sooritamisel, alates kuuendast klassist, kujunevad ja arenevad õpilaste juures järjekindlalt hädavajalikud, praktiliselt väga väärtuslikud oskused ja harjumused. Õpilased omandavad katseriistade, tööriistade, seadiste ja töötavate mudelite käsitlemise oskuse. On tähtis rõhutada, et füüsika-alased teadmised ilma vastavate praktiliste oskusteta ja oskused ilma vastavate teadmisteta ei ole püsivad ega sügavad. Harjumused ja oskused peavad moodustama koos õpilaste teoreetiliste teadmistega orgaanilise terviku. Seetõttu on laboratoorsete tööde tähtsus polütehnilise õpetuse seisukohalt suur.

Polütehnilise õpetuse elluviimiseks on igas koolis paratamatult vaja rajada füüsika kabinet, sisustada see ja viia läbi laboratoorseid töid.

Kehtiv füüsika programm näeb ette VI—XI klassis kokku ainult 39 laboratoorset tööd. Kuid väga suur hulk koole ei täida isegi seda miinimumi. Selle puuduse kõrvaldamine on füüsika õpetamise seisukohalt väga tähtis ja esmajärguline ülesanne.

Suurt huvi pakub Moskva 588. keskkoolis uurimiseloomuga laboratoorsete tööde läbiviimise katse.

Ülesande täitmiseks valisid selle kooli õpilased õpetaja juhtimisel välja vajalikud katseriistad, koostasid ise seadiste skeemid, võtsid arvesse tehtud vea jms. Nii olid organiseeritud IX klassis vee keemissoojuse määramine, X klassis elektrienergia termilise ekvivalendi määramine jt. tööd.

Laboratoorseid töid viiakse kaasajal läbi frontaalselt ja füüsika praktikumina. Füüsika praktikumi väärtus seisneb

peale teiste eeliste veel selles, et praktikumi teostamisel kasutab õpilane keerulisemaid katseriistu ja seadiseid. Mõned tööd võivad õpilastelt nõuda seadistele üksikute detailide valmistamist.

Vene NFSV Pedagoogiliste Teaduste Akadeemias A. A. Pokrovski juhtimisel välja töötatud ja Moskva 315. keskkoolis järgiproovitud füüsika praktikumis kasutavad VIII—X klassi õpilased paljusid mõõteaparaate ja töötavad laboratoorse varustusega.

Klassivälistel töodel on võimalik tundma õppida isegi kolmefaasise voolu mootorit, kitsasfilmi kinoaparaati, sise põlemismootorit ja teisi masinaid.

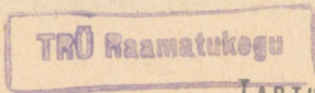
Tuleb juhtida veel tähelepanu õpilaste kodustele praktikulistele töödele. Paljude õpetajate kogemused selles küsimuses on hinnatavad ja väärivad tähelepanu. Kodustesse katsetesse ja vaatlustesse võib kuuluda gaasi- ja elektriarvestiga ja soojendusriistadega tutvumine, elektrimontaažitööde sooritamine, raadiovastuvõtja montaaž jt. Suur hulk koduseid praktilisi ülesandeid on antud S. F. Pokrovski raamatus «Опыты и наблюдения в домашних заданиях по физике».

Õpilaste poolt laboratoorsetes töodes omandatud harjumused ja oskused on rakendatavad mitmesugustel kaas-aegse tootmise aladel. Käesoleval ajal seisab füüsika meetoodika ees ülesanne töötada välja õpilasele keskkooli lõpetamisel tingimata vajalike praktiliste harjumuste ja oskuste andmise süsteem.

## TOOTMISALASED EKSKURSIONID FÜSIKAS.

Tootmisalastel ekskursioonidel on polütehnilise õpetuse elluviimisel suur tähtsus. Need annavad võimaluse tutvuda mitmesuguste tootmisprotsessidega, näha seda, kuidas füüsikat laialdaselt rakendatakse praktikas ja tehnikas ning kuidas keerulistes tootmisprotsessides ühendatakse mehhaanilisi, soojuselisi, elektrilisi, keemilisi ja bioloogilisi nähtusi.

Õpilased näevad ekskursioonidel maailma kõige eesrindlikumat nõukogude tehnikat, kohtuvad tootmise novaatorite, ratsionaliseerijate ja leiutajatega ning tutvuvad nende tööga. Kõigel sellel on suur õpetuslik ja kasvatuslik tähtsus.



Tootmisalaseid ekskursioone läbi viinud õpetajad märgivad, et õpilased saavad pärast ekskursiooni füüsikalistest nähtustest ja füüsika katseriistadest paremini aru kui enne elektrijaama, tehase, vabrikute, raudtee depoo, traktorijaama või muu ettevõtte külastamist.

Ekskursioonide korraldamise meetodikat on korduvalt valgustatud raamatutes, käsiraamatutes ja ajakirjade artiklites. Siin aga on vaja eriti rõhutada, et ekskursioonide korraldamisel on põhiküsimusteks selle õppematerjali valik, millega seoses viiakse ekskursioon läbi ja tootmisobjekti valik vastavalt sellele materjalile. Ekskursiooni korraldamisel tuleb õpilasi aktiveerida, rakendades selgitamise kõrval ka vestlust. Toome järgnevalt ära tootmisalaste füüsika ekskursioonide näidistemaatika.

Klass	Ekskursiooni teema	Ekskursiooni objekt
VI	Lihtmehhanismid.  Tuule ja vee energia muundumine mehhaaniliseks energiaks. Veetransport. Sisepõlemismootor. Aurumasin.	Uusehituse ehitusplats, kus on mehhaanilisi seadeldisi: tõstekraanasid, mehhaanilisi transportööre, maakaevamismasinaid jt.; mehhaanika töökoda; traktorijaam, kolhoos jne. Tuule- või vesiveski.  Jõesadam. Auto, traktor. Vedur. Raudtee-depoo. Aurujõuseadeldis.
VII	Elektrijaama töö.  Elektrimootor ja selle kasutamine.	Elektrijaam, vabrikute ja tehaste elektri alajaamad. Tehaste tsehhid.
VIII	Lihtmehhanismid kui liitmehhanismide koostisosad. Vee energia kasutamine.  Mehhaanika ehitustöös.	Kombain, ekskavaator, vabrikute ja tehaste mehhaanikatsehhid. Hüdromonitor, pinnasepump, vesiturbiinidega seadeldised jt. Uusehituse ehitusplats, kus kasutatakse mehhaniseeritud varustust. Tehaste ja vabrikute tsehhid.
IX	Hüdrauliline press. Lennuki tõstejõud. Metallivalu. Metalli töötlemine (tagumine, valtsimine, stantsimine jne.). Aurujõuseadeldis.	Tsiviillennujaam. Tehaste valutsehhid. Bluumingud, metallitöötlemise tehased.  Soojuselektritsentraal, vabrikute ja tehaste aurujõuseadeldised, auruveskid.

Klass	Ekskursiooni teema	Ekskursiooni objekt
X	Sisepõlemismootor.	Auto, traktor, lennuk, mootor tööstuses.
	Elektrijaamade töö.	Elektrijaam, tehaste ja vabrikute elektri alajaamad.
	Elekter põllumajanduses.	Traktorijaam, kolhoos, elektri-traktor.
	Elekter tööstuses ja transpordis.	Tehaste ja vabrikute tsehhid, elektrivedurid, trammipark.
	Elektrivarustus või elektriarmatuur.	Elektrivarustust, elektririistu ja elektriarmatuure valmistavad tehased.
XI	Automaatseadeldised tootmises.	Tehaste ja vabrikute tsehhid, mis kasutavad tootmises automaatseadeldisi.
	Raadio alused.	Raadiojaam, raadiotehas, raadiosõlm.
	Optika tootmises.	Tehaste kontroll-laboratooriumid, kus kasutatakse optikat.

Ekskursioonidel peavad õpilased veenduma, et nende poolt õpitavad füüsikalised nähtused ja seaduspärasused on ühe või teise tootmisprotsessi aluseks.

On väga soovitatav demonstreerida õpilastele enne või pärast ekskursiooni (sõltuvalt vajadusest) vastavaid filme või üksikuid fragmente neist. Need võimaldavad õpilasi detailsemalt tutvustada tootmise üksikute protsessidega ja selgitada nende füüsikalist sisu, mida ekskursioonidel ei ole alati võimalik teha.<sup>1</sup>

Töö planeerimisel õppeaastaks tuleb iga klassi jaoks ette näha umbes kaks ekskursiooni. Ettevõtte kindlaksmääramist ja uurimisobjekti väljavalimist selles võib ühendada ekskursiooni korraldamisega kahes õppeaines: füüsikas ja geograafias, füüsikas ja keemias, füüsikas ja bioloogias (ekskursioonid sovhoosi ja traktorijaama).

Kõige tähtsamateks ekskursiooni objektideks on sellised ettevõtted, kus võib tutvuda energeetika alustega, energia muundumisega (elektrijaamad, jõumasinad), energia ülekande viisidega (ülekandemehhanismid), masinaehituse alustega, metallide külm- ja kuumtöötlemisega, põllumajanduses ja transpordis kasutatavate masinatega, side ja automaatika alustega.

<sup>1</sup> Kinofilmide nimestik on antud lisas III.

Ekskursiooni organiseerimisel ja teostamisel tuleb koostada ekskursiooni plaan ja marsruut, korraldada sissejuhatav vestlus õpilastega ja anda neile ülesandeid, viia läbi ekskursioon, teha lõppkokkuvõtte ja arvestada õpilaste teadmisi. Järgmiselt toome näidisenähtuse ühe õppekursiooni organiseerimise plaani ja juhised.

### Ekskursioon raadiosõlme (X klass).

Elektriõpetuse osa õppimise lõpetamisel X klassis võib seoses teemaga «Elektromagnetilised võnkumised ja lained» korraldada ekskursiooni raadiotranslatsioonisõlme, raadiosaate- ja vastuvõtijaama «Urožai» (statsionaarsesse) jne. Paljudes raadiosaate printsiibi tundmaõppimise eesmärgil teostatud ekskursiooni objektides võivad õpilased leida ühiseid sõlmi, aparaate ja detaile: stuudio varustust, võimendajaid ja alaldajaid, antenniseadiseid, transformaatoreid, mikrofone, elektronlampe jms.

Raadiosaatejaama ja translatsioonisõlme töö printsiipaalne erinevus seisneb selles, et esimeses toimuvad kõrgsagedusvõnkumiste genereerimisega ja moduleerimisega seotud protsessid, aga teises (kui vastuvõtjat mitte arvestada) võimendatakse helisagedust kuni vajaliku võimsuseni. Võimendamine kindlustab raadiosaatega kõik selle asula kuuldepunktid, kus raadiosõlm asub.

Ekskursioon raadiosõlme võimaldab kinnistada mitte üksi neid õpilaste teadmisi, mis on seotud teemaga «Elektromagnetilised võnkumised ja lained», vaid ka rea elektri- ja akustika teemadega seotud teadmisi. Niisugune ekskursioon võimaldab näidata füüsikaliste nähtuste ja seaduspärasuste selliseid tehnilisi rakendusi, mis on koolis õpitud ja mis on meie maal tehnika-alal laialdaselt levinud. Loetleme neid füüsikalisi nähtusi ja seaduspärasusi, seadiseid, riistu ja detaile, mida õpitakse koolis ja rakendatakse raadiosõlmes.

1) Elektronlambi võimendajana ja alaldajana töötamise printsiip. 2) Mikrofoni, valjuhääldaja ja transformaatoreid ehitis ja töö. 3) Kondensaatori ja kaitsmete ehitis ja ostarve, takistuste ja šuntide ostarve. 4) Elektrimooteriistad ja antennikontuur (võnkekontuur). 5) Elektromagnetilise induksiooni ja voolu soojusliku toime seadused, ühe energia liigi muundumine teiseks (hääleenergia muundumine elektrienergiaks ja vastupidi).

Kasutatakse mitut tüüpi raadiosõlmi, kuid need ei erine teineteisest mitte printsiibi, vaid konstruktsiooni poolest. Viimane on põhiliselt määratud raadiosõlme võimsusega.

Aparatuuri vaatlemiseks ekskursioonil on kõige mugavamad objektid keskmise ja suure võimsusega translatsioonisõlmed.

## Ettevalmistav vestlus.

1. Õpilastega vestlemisel tuleb näidata, et radio leiutajaks on vene õpetlane A. S. Popov, et raadioside ja radio-tehnika arengu põhilised etapid on määratud kodumaa teadlaste töödega, ja et meie maal on radiofitseerimine laialdaselt arenenud.

Partei XIX kongressi direktiivides NSV Liidu arendamise viienda viie aasta plaani kohta on öeldud:

«Kindlustada sidevahendite edasiarendamine; suurendada viie aasta jooksul kaugühenduse telefoni- ja telegraafikaabli pikkus vähemalt kahekordseks. Tunduvalt suurendada raadiosaatejaamade võimsust. Arendada töid ultralühilaine-raadiosaadete ja radioreleeside juurutamise alal. Laiendada linnade telefonijaamade võimsust viie aasta jooksul 30—35 protsenti».<sup>1</sup>

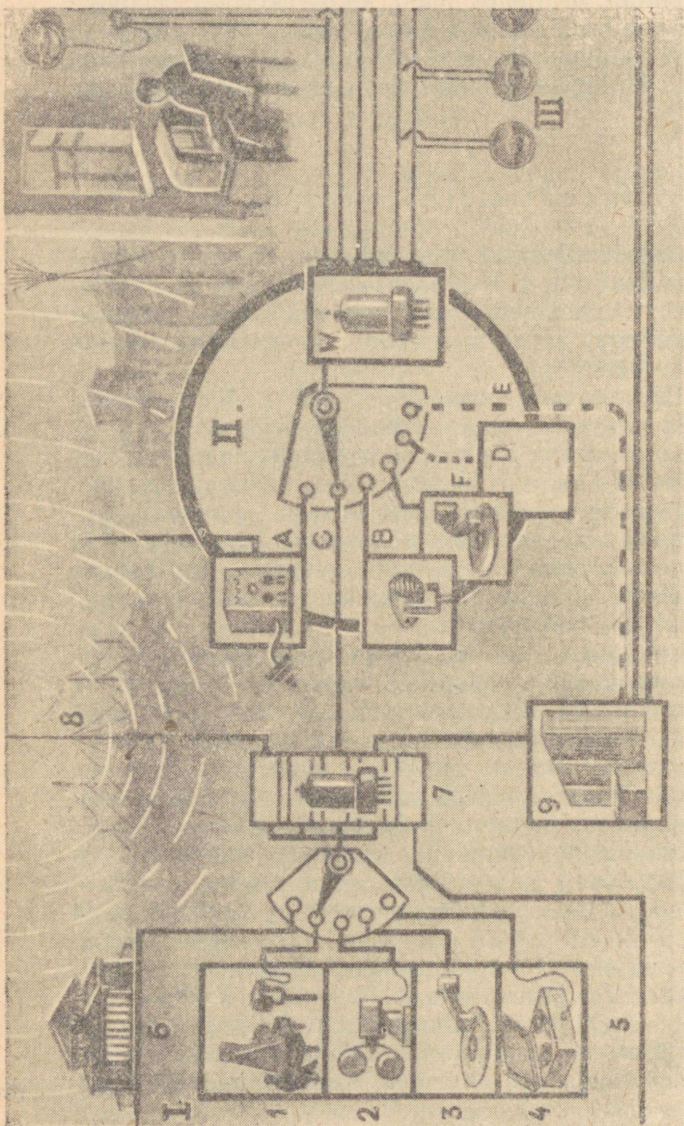
2. On vaja näidata, millist kohta omab raadiotranslatsioonisõlm raadiosaate tehniliste vahendite süsteemis ja vaadelda mõningaid lihtsamaid skeeme, mis selgitavad raadiotranslatsioonisõlme üksikute seadiste tööd.

Tuleb jutustada seda, et stuudiost, kus algab ülekanne, väljuvad elektrilised signaalid kaht kanalit mööda — eetrisse (kõrgsagedus) ja juhtmetesse (madalsagedus).

Translatsioonisõlm võimaldab stuudiost mikrofonilt ja helipealt (heliplaadi) saadet edasi anda, transleerida neid raadiojaamade saateid, mida sõlme poolt vastu võetakse ja anda edasi juhtmeid mööda päralejõudnud saateid. Mõningad väikese võimsusega raadiosõlmed annavad neist saadete liikidest edasi ainult ühte. Näiteks rida kooli raadiosõlmi annab saadet ainult mikrofonilt ja heliplaadilt.

3. Seejärgi on vaja üldjoontes jutustada statsionaarse raadiotranslatsioonisõlme ehitusest. Selle küsimuse valgus-

<sup>1</sup> Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei XIX kongressi resolutsioonid, Eesti Riiklik Kirjastus, 1952, lk. 22.

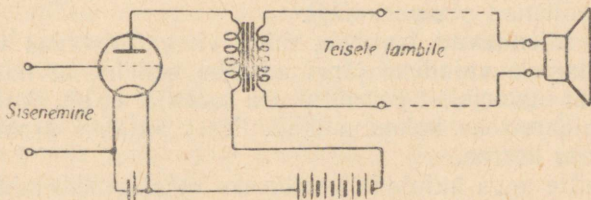


Joon. 20. Raadiosaate teekond.

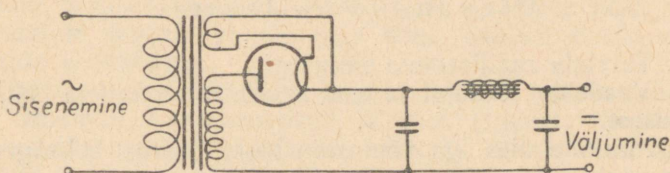
I Raadiosaatesõlm: 1 — stuudio, 2 — heliilm, 3 — heliplaat, 4 — magnetofon, 5 — teistest stuudioest tulev liin, 6 — translatsiooniteatrist, 7 — võimendaja, 8 — saade eetriss, 9 — linnadevaheline telefon, rajoonide translatsioonisõlmedesse. II Raadiotranslatsioonisõlm: A — vastuvõtja, C — vastuvõtmine juhtmeid mööda, B — mikrofon, F — heliplaat, D — reserv, E — linnadevaheliste raadiosaadete vastuvõtmine, W — võimendaja.

tamist võib ettevalmistavast vestlusest üle kanda ekskursionile.

Translatsioonisõlm (joon. 20 II) koosneb stuudiost, kuhu on paigutatud mikrofon *B* ja helipeaga varustatud gramofon *F*. Sõlme aparaatideruumi on paigutatud: vastuvõtja *A*, ümberlülit, mis on ühendatud mikrofoniga, helipeaga ja raadiosaatesõlmest tuleva sisenemisliiniga *C*, võimendajad *W* ja toiteplokk. Sõlmest väljuvad kolm liini: 1) liin, mis teenindab tänavatel, väljakutel ja parkides



Joon. 21. Lampvõimendaja skeem.



Joon. 22. Lampalaldaja skeem.

asuvaid valjuhääldajaid, 2) raadiosõlme lähedal asuvate korterite kuuldepunkte toitev liin ja 3) toiteliin, mis teenindab sõlmest kaugel asuvaid kuuldepunkte.

Õpilastele tuleb öelda seda, et mida pikem on translatsiooniliin, seda kõrgema pingega (120 V, 240 V) tuleb saadet edasi anda. Enne raadiotranslatsiooniliini sisemist korterisse, madaldatakse majades pinge transformatori abil kuni 15 või 30 voldini.

4. Samuti tuleb meelde tuletada võimendaja ja alaldaja ehituse põhimõtet. Elektronlambi võimendavat toimet õpiti tundma tunnis. Kuid siin, ettevalmistavas vestluses, tuleb skeemi täiendada, tuues anoodahelasse sisse transformatori primaarmähise ja ühendades selle sekundaarmähise teise lambiga (joon. 21). Selleks, et õpilased saaksid eks-

kursiooni ajal aru helisagedusega elektriliste signaalide järkjärgulisest võimendamisest raadiosõlmes, on küllaldane näidata varem valmistatud skeemi järgi transformaator-sidestuses madalsageduse võimendaja üht astet. Elektronlampalaldaja töötamise printsiipi tuleb õppida koolikursuses. Ettevalmistavas vestluses tuleb seda printsiipi korrata tehniliselt näitlikumal skeemil (joon. 22). Võimendaja filt-rist võib ettevalmistavas vestluses rääkimata jätta. On vaja ainult meelde tuletada, et kahe elektronlambiga (või ühe kaksikdiodlambiga) skeemides võib alaldada vahelduv-voolu mõlemad poolperioodid.

Need täiendavad teatmed, mida ettevalmistavas vestluses õpilastele vajaduse järgi antakse selleks, et nad ekskursiooni materjalist paremini aru saaksid, ei ole õpilastele meespidamiseks kohustuslikud. Neid antakse ainult tutvustamise korras.

Et mitte aega kulutada vestluseks vajalike skeemide joonestamisele, tuleb need varem valmis teha.

### Ülesanded õpilastele.

1. Tutvuda raadiosõlme ehitusega.
2. Vaadelda stuudiot ja teha skeem mikrofoni ja helipea ehitusest.
3. Märkida üles iga võimendusploki juures helisagedusega voolu sisenemispinge ja väljumispinge.
4. Märkida üles iga võimendusploki juures helisagedusega voolu sisenemisvõimsus ja väljumisvõimsus. Määrata kindlaks võimendustegur (võimsuse järgi).
5. Määrata väljumisvõimsuse järgi kindlaks nende kuuldepunktide arv, mida raadiosõlm teenindab (iga kuuldepunkti poolt tarvitataavaks võimsuseks võtta 0,25 W).
6. Alaldajad; pinge voolu väljumisel igast alaldajast. Mis eesmärgiks on need määratud?
7. Milliseid mõõteriistu on üles seatud? Skaalade mõõtepiirkonnad.
8. Raadiosõlme tarbimis- ja väljumisvõimsus.
9. Tutvuda lampidega, transformaatoritega, kondensaa- toritega, kaitsmetega, isolaatoritega ja teiste raadiodetai- lidega.

## Ekskursiooni plaan.

1. Translatsioonisõlme üldine ehitus ja selle iga osa (stuudio, aparaatide ruumi, töökoja, kui toidetakse alalisvooluga, siis akumulaatorite ruumi ja sõlme teiste detailide) otstarve.

2. Stuudio ehitus. Mikrofon helipeaga ja heliplaatide-mängijaga, stuudio pult. Akustilise aparatuuri: mikrofoni ja heliülesvõtja töö ja ehituse füüsikalised alused. Heli-isolatsioon.

3. Tehniline varustus aparaatide ruumis.

a) Vastuvõtja: laine-piirkond (ümber arvestada kilohertzidesse), lampide arv, juhtimisnupud, vastuvõtja tundlikkus mikrovoltides erinevates lainealades, väljumisvõimsus millivattides, toiteallikad, tarbimisvõimsus. Vastuvõtja energia kasutamise koefitsient. Vastuvõtja abil teostatavate saadete liigid.

b) Võimenduspaneelid: võimendaja paneelide arv, iga paneeli otstarve, iga võimendusploki sisenemis- ja väljumispinge ja -võimsus. Võimendajate koostisosad: lambid, transformaatorid, takistid jms. (näidata neid, võimendajate skeeme ei ole vaja anda, samuti ei ole vaja jälgida vooluringe).

Alaldajad ja nende koostisosad: lambid, transformaatorid, drosselid, kondensaatorid, takistid (näidata detaile ja tutvustada nende töötamisega; skeeme ei ole vaja tuua, samuti ei ole vaja jälgida vooluringe).

Alaldajate väljumispinged ja nende otstarve. Mõõteriistad: voltmeetrid, ampermeetrid ja milliampermeetrid, nende tehnilised andmed ja otstarve. Oommeeter ja selle otstarve. Kontrollvaljuhääldaja ja -telefon ning nende otstarve.

c) Jaotuskilp: elektriarvesti, voltmeeter, kaitsmed, lülitid. Nende paigutus kilbil ja otstarve. Vooluvõrgust või kohalikust vooluallikast tarvitatava elektrivoolu võimsus.

d) Antenni ja maanduse ehitus. Antenni lülakilp.

Ekskursiooni juhti peab tutvustama selle plaaniga ja õpilaste ülesannetega. Selleks, et õpetaja võiks ekskursionil ajal tarviduse korral anda füüsikalise sisuga seletusi, tuleb tal enne ekskursionil tutvuda translatsioonisõlme tööga.

Ekskursionil raadiosõlme on kõige tähtsam tutvumine raadiosõlme elementide üldise asetusega, stuudio ja paneelide (võimendaja ja alaldaja) ehitusega. Raadiosõlme kom-

mutatsioon on õpilastele arusaamiseks keeruline. Ekskursiooni käigus võib sellest ainult rääkida ilma skeeme puudutamata. Samuti pole vaja selgitada vastuvõtja (superheterodüüni) skeemi.

## KLASSIVÄLINE TÖÖ.

Klassiväline töö on koolis laialdaselt arenenud. See töö on oma sisult, meetoditelt ja tulemustelt mitmekesine. Klassivälise töö kogemusi on sageli valgustatud metoodilises kirjanduses ja «Pedagoogilistel lugemistel». Füüsika õpetajad I. I. Babuškin, L. S. Dmitriev, G. K. Karpinski, A. A. Volkov, P. N. Gatilov, S. S. Molodenski, V. F. Dolonov ja paljud teised andsid oma panuse füüsika-alase klassivälise töö sisu ja meetodite väljatöötamisel.

Klassiväline töö peab olema meie ajal allutatud polütehnilise õpetuse elluviimisele.

Klassivälises töös, mis organiseeritakse õpilaste huvisid ja kalduvusi arvestades, ja mis tervenisti tugineb vabatahtlikkuse printsiibile, võib süvendada ja laiendada õpilaste teoreetilisi teadmisi ja viimistleda harjumusi ja oskusi. Selles töös võivad õpilased omandada ka mõningaid vilumusi töötamiseks käsitsi tööriistadega ja tööpinkidel. Reas koolides valmistavad õpilased tehnikaringides füüsika katseriistu, see töö on ühiskondlikult kasuliku iseloomuga.

Tehnika areneb meie maal kiire tempoga. Mootorrataste, autode, traktorite, kombainide ja teiste masinate väljalase kasvab. Noorsugu soovib tungivalt õppida valdama mitmesuguseid masinaid. Seepärast on füüsika-alases klassivälises töös tarvis raskuse kanda tähtsamate masinate praktilisele valdamisele, füüsika katseriistade, tehniliste seadiste ja töötavate mudelite konstrueerimisele, valmistamisele jms.

Loetleme füüsika- ja tehnika-alaste klassivälise tööde kõige tähtsamad alad:

1. Omavalmistatud demonstratsiooni ja laboratoorsete katseriistade (mitte mõõteriistade), töötavate mudelite jms. konstrueerimine.

2. Elektrimasinate ja raadiotehnika tundmaõppimine, kooli ja kolhoosi elektrifitseerimisest ja radiofitseerimisest osavõtmine.

3. Auto ja mootorratta tundmaõppimine.

4. Traktori, kombaini ja teiste põllutöömasinate tundmaõppimine.

Huvitavat klassivälise tööd viib läbi Vologda oblasti Sidorovo kooli füüsika õpetaja B. I. Jakovlev. Õpilased õppisid elektrotehnika ringis kindla programmi järgi ja monteerisid 1,8 kW võimsa sisepõlemismootoriga kooli elektri- jaama. Teises ringis õppisid 19 õpilast tundma kinoaparaati. Klassi ja klassivälise töö kokkukõlastamise tulemusena hakkavad rea koolide õpilased raadio- ja fotohuvilisteks, valmistuvad ette meteoroloogideks ja õpivad edukalt tundma autot, traktorit ja kombaini.

Populaarteaduslik kirjandus on samuti määratud õpilastele abiks füüsika ja tehnika omandamisel. Iga kooli füüsika kabinetis tuleb organiseerida füüsika- ja tehnikaalaste raamatute näitus ja välja panna klassivälise lektüüri jaoks soovitatava kirjanduse nimekirjad. Raamatute lugemine, referaatide ja loengute läbiviimine kodumaise teaduse ja tehnika saavutuste kohta soodustab õpilaste poliitilise silmaringi arenemist.

Polütehnilise õpetamise teostamiseks on igas koolis tingimata tarvis luua füüsikakabinet. Kui tööstuslikult toodetud katseriistadega varustamist täiendatakse ja see meetodiliselt otstarbekalt kooskõlastatakse katseriistade isevalmistamisega, siis võib seda ülesannet täita lühikese ajaga. Moskvast, oblastites ja rajoonides organiseeritud näitused näitavad õpetajate ja õpilaste suurt loovat tööd koolide füüsikakabinettide organiseerimisel. See töö lahendab samaaegselt kaks ülesannet: a) kool saab materiaalseid väärtusi, viiakse läbi laboratoorseid töid, täiustatakse õpetamise meetodikat, tõstetakse õpilaste teadmiste kvaliteeti; b) õpilased võtavad osa tootvast tööst, omandavad praktilisi oskusi ja harjumusi puidu- ja metallitöötlemise, elektrimontaaži ja raadiomontaaži alalt, areneb laste tehniline loominguvõime jms.

Polütehnilise õpetuse elluviimine on lahutamatu seotud füüsika õpetamise taseme tõstmisega. Selles brošüüris antakse metoodilist nõu füüsika õpetamise metoodika täiustamise kohta polütehnilise õpetuse ülesannete valgusel, mis real juhtudel on rajatud meie maa eesrindlike õpetajate kogemustele. Tulevikus annavad need kogemused polütehnilise õpetuse ülesannete lahendamisele kahtlemata palju uut ja tähtsat. Seda ülesannet võib lahendada õpetajate, metoodikute, pedagoogiliste teaduste alal ja rahvahariduse organite töötajate ühiste pingutustega.

## FÜÜSIKA PRAKTILISI RAKENDUSI ILLUSTREERIVATE DEMONSTRATSIOONKATSETE NÄIDISLOETELU.

### VI klass.

Mõõtejoonlauaga ja mõõtelindiga pikkuste mõõtmise võtted.

Aja mõõtmise viisid.

Kangkaaludel keha kaalumise võtted.

Tahkete, elastsete, plastiliste ja rabedate kehade demonstreerimine.

Jõudude mõõtmine vedrudünamomeetriga.

Püstloe, loodlaua ja vesiloe kasutamise võtted.

Tahke keha rõhu sõltuvus toetuspinna suuruselt.

Hüdraulilise pressi ehitus ja töötamine.

Auto hüdraulilise piduri ehitus ja töötamine (mudel, seinatabel või kinofilm).

Veevärgi mudel.

Lüüsi ehitus ja töötamine (kinemaatiline mudel ja kinofilm).

Uppunud laeva ülestõstmist illustreeriv katse.

Veevõlts (imevõlts ja suruvõlts) ehitus ja töötamine.

Kolviga õhuvõlts ehitus ja töötamine.

Auto või traktori jahutussüsteemi ehituse ja töötamise põhimõte (tabel).

Kuul- ja rull-laagrite ehitus ja töötamine.

Hõõrdumise vähendamine määramise abil.

Keskkonnas liikumisel vähendab keha voolujooneline kuju hõõrdumist.

Jõudude tasakaal kangil.

Liikumatu ja liikuva ploki ehitus ja töötamine.

Pööra ehitus ja töötamine.

Soojuse muundumine mehhaaniliseks energiaks (auruvurr).

Aurumasina töötamise printsiip (mudelil).

Aurumasina töötav mudel.

Auruturbiini töötamise printsiip.

Sisepõlemismootori töötamise printsiip (mudelil).

## VII klass.

Vooluallikate — galvaani elementide ja akumulaatorite käsitsemine.

Elektrivooluringi koostamine.

Ampermeetri lülitamine vooluringi.

Liugkontaktiga reostaadi ja väntreostaadi ehitus ja töötamine.

Voltmeetri lülitamine vooluringi.

Elektrilampide lülitamine vooluvõrku.

Elektrisoojendusriistade: teekannu, pliidi ja tõlviku lülitamine vooluringi.

Sulavkaitsmete läbipõlemine lühisel.

Terasvarda magneetimine voolu abil ja magnetiga.

Elektromagneti ehitus ja töötamine.

Elektrikõlisti ja elektritelegraafi ehitus ja töötamine.

Elektrimootori töötamine.

Alalis- ja vahelduvvoolu saamine magnetoelektrilise masina abil.

Transformaatori ehitus ja töötamine.

Elektrienergia ülekanne kauge maa taha transformaatori abil.

## VIII klass.

Rulli või vankrikese tasakaal kaldpinnal.

Jõudude komponentideks lahutamine kronsteinil ja sariikal.

Tagasilöökk laskmisel tulirelvast; väljavoolava joa reaktsioon.

Kineetilise energia muundumine tööks löögi puhul. Ramimisnuia töötamine.

Kaldpinna ja kruvi toime.

Mitmesuguse kujuga tasapinnaliste kujundite raskuskeskme määramine.

Kallutatava prisma stabiilsus ja ebastabiilsus.

## IX klass.

Katsed tsentrifugaalmasinaga (regulaator, separaator). Veejoapumba ja pulverisaatori (pihusti) ehitus ja töötamine.

Frontaaltakistuse sõltuvus keha ristlõike pindalast, kiirusest ja kujust.

Lennuki tiiva ja propelleri toime.

Pendli võnkumiste registreerimine.

Mehhaaniline resonants.

Termoregulaatori töötamine.

Metallvarda katkirebimine hüdraulilise pressi abil.

Auruturbiini töötav mudel.

Sisepõlemismootori töötav mudel.

Reaktiivmootori ehitus (tabel).

Soojuselektritsentraal (tabel).

### X klass.

Akumulaatori töötamise printsiip.

Petrovi elektriikaar.

Šunt ja lisatakistus.

Termoelementide kasutamine temperatuuri mõõtmiseks.

Raua magneetimine elektrivoolu abil.

Raudlati magneetimine Maa magnetväljas.

Omainduktsioonivoolude saamine vooluringi sulgemisel ja avamisel.

Vahelduvvoolu generaator.

Sädeinduktori ehitus ja töötamine.

Magneeto.

Voolu transformeerimine.

Vahelduvvoolu alaldaja (elektronlambi kasutamine).

Elektromagnetiline resonants.

Sumbumata võnkumiste genereerimine.

Elektromagnetiliste lainete saatmine ja vastuvõtmine.

Lihtsaima raadiovastuvõtja ehitus ja töötamine.

### XI klass.

Mikroskoobi, teleskoobi ja prismabinokli ehitus ja toime. Valge ja musta pinna erinev kiirgamine ja kiirte neelamine.

Röntgenikiirte põhiomadused.

Fotoelemendi töötamine.

Fotorelee.

Fotoluminestsentslambid.

## OSKUSED JA HARJUMUSED, MIDA ÕPILASED OMANDAVAD FÜÜSIKA KURSUSE ÕPPIMISEL.

### VI klass.

1. Keha mõõdete leidmine mõõtejoonlaua ja mõõtelindi abil.
2. Anuma mahutavuse ja tahke keha ruumala määramine mensuuri abil.
3. Keha kaalumine kangkaaludel.
4. Keha kaalu arvutamine tema ruumala ja erikaalu järgi.
5. Jõu mõõtmine dünamomeetriga.
6. Rõhu arvutamine rõhumisjõu ja toetuspinna järgi.
7. Rõhu lugemine baromeetrilt ja manomeetrilt.
8. Lihtmehhanismide töötamisel jõus saavutatud võidu arvutamine.
9. Jõumasina töö arvutamine jõumasina võimsuse järgi.
10. Temperatuuri mõõtmine termomeetriga.
11. Temperatuuri graafikute koostamine.
12. Soojendaja kasuteguri määramine.
13. Aurumasina põhiliste osade — silindri, aurujaotusmehhanismi, kaitseventiili, hooratta jms. leidmine mudelilt.
14. Sisepõlemismootori põhiliste osade leidmine tema mudelilt.
15. Ohutusreeglite silmaspidamine soojusallikate käsitsemisel.

### VII klass.

1. Lihtsamate elektriliste skeemide lugemine, mis sisaldavad endas galvaani elemendi, dünamomasina, kaitsme, juhtmete, lüliti, reostaadi, lampide, elektrimootori ja poolide tingmärke.
2. Etteantud skeemi järgi vooluringi koostamine galvaani elemendist, juhtmetest, lülitist, lambist ja reostaadist.
3. Tavalise valgustusarmatuuri (lambipesa, lüliti, kaitsme, pistikukarbi ja kahvli) paigaleseadmine.
4. Ampermeetri lülitamine vooluringi ja voolutugevuse mõõtmine.

5. Voltmeetri lülitamine vooluringi ja pinge mõõtmine.
6. Juhtide takistuse mõõtmine.
7. Mitmesugust tüüpi reostaatide kasutamine.
8. Oskus valida mitmesugustele pingetele vastavaid elektrilampe.
9. Elektrisoojendusriistade kasutamine.
10. Elektrilambi ja alalisvoolu elektrimootori poolt tarvitatava võimsuse määramine.
11. Püsivmagneti pooluste määramine.
- 12.\* Galvaani e'lemendist, elektrikõlistist ja kõlistinupust koosneva vooluringi koostamine, kõlisti tegevuse reguleerimine.
- 13.\* Elektrimootori töötava mudeli koostamine valmis osadest.
- 14.\* Transformaatori põhiliste osade leidmine ja väikese võimsusega transformaatori kasutamine.
15. Ohutusreeglite silmaspidamine elektriseadiste käsitsemisel.

### VIII klass.

1. Kehade liikumise graafikute joonestamine ja lugemine.
2. Katusesarikatele, kronsteinile jms. mõjuvate jõudude määramine graafikult ja arvutuse teel.
- 3.\* Veorihma ja hammasratas-ajami ülekandearvu määramine.
4. Raskuskeskme määramine lihtsamatel juhtudel ja keha tasakaalu püsivuse muutmine.
5. Lihtmehhanismide kasuteguri määramine.
6. Hüdraulilise pressi ehitusest arusaamine.

### IX klass.

1. Jõumasina tööks vajaliku kütteaine hulga arvutamine (töötunni kohta).
2. Kõrgete temperatuuride määramine kalorimeetrilisel meetodil.
3. Gaasi oleku parameetrite arvutamine.
4. Tahkete kehade katkemistugevuse määramine.
5. Öhu niiskuse määramine psühromeetri abil.
- 6.\* Aurujõuseadeldise mudeli koostamine.

## X klass.

1. Elektrimõõteriistade tüübi ja nende otstarve (alalis- või vahelduvvoolu jaoks, mõõteskaala jne.) määramine passi järgi.

2. Klassis või korteris leiduva valgustusinstallatsiooni skeemi joonestamine.

3. Seadeldise koostamine antud skeemi järgi (hargnevate vooluringidega).

4. Ampermeetri skaala jaotise väärtuse muutmine šundi abil.

5. Voltmeetri skaala jaotise väärtuse muutmine lisatakistuse abil.

6. Elektri vooluringi jaoks reostaadi valimine.

7. Kulutatud energiahulga määramine elektriarvesti järgi ja selle maksumuse arvutamine.

8.\* Elektrimootori käsitsemine, selle lülitamine vooluringi.

9.\* Generaatorist, mootorist ja transformaatorist koosneva seadeldise koostamine.

10.\* Raadiovastuvõtja koostamine valmis detailidest.

## XI klass.

1. Läätse fookusekauguse määramine.

2. Oskus orienteeruda lihtsaima fotorelee ehituses.

3. Lihtsaima spektroskoobi käsitsemine.

---

\* Tärnikesega tähistatud oskused ja harjumused ei ole kõikidele õpilastele kohustuslikud; neid on soovitatav anda õpilastele, kes töötavad ringis.

## FÜÜSIKA ÕPETAMISEL KASUTATAVAD KINOFILMID.

Klass	Programmi osa	Filmi nimetus	Osade arv	Pikkus m	Väljalaske aasta	Voib kasutada
1	2	3	4	5	6	7
VI	Rõhk.	1. Давление, создаваемое весом жидкости	1	92	1939	
		2. Передача давления жидкими телами	1	81	1939	
		3. Шлюзы	1	45	1948	
	Energia. Soojusjõumasinad.	Использование кинетической энергии ветра	1	101	1938	VIII kl.
		Двигатель внутреннего сгорания	1	110	1937	
VII	Elektromagnetilised nähtused.	Работа четырехтактного двигателя автомобильного типа	rõn-gas-film	3,3	1938	IX kl.
		Работа карбюратора двигателя автомобильного типа	"	2,5	1938	IX kl.
		Движение прямого провода под током в магнитном поле	1	100	1935	
VIII	Sirgjooneline liikumine. Newtoni seadused.	Относительность движения	1	107	1936	
		1. Законы Ньютона 1-й закон	1	107	1936	
		2. Законы Ньютона 2-й закон	1	76	1936	VI kl.
		3. Законы Ньютона 3-й закон	1	70	1936	
		4. Отдача при выстреле	rõn-gas-film	1,5	1938	
IX	Hüdrostaatika. Pöörlev liikumine. Võnkumised ja lained. Hääli.	Гидравлический пресс	1	42	1935	
		Вращательное движение	3	205	1938	
		1. Разложение веса при качаниях маятника	rõn-gas-film	2,5	1939	
		2. Гармоническое колебание и его график	"	3,3	1939	
		3. Волны в аквариуме	"	4,6	1938	
	4. Схема образования поперечных волн	"	4	1938		
	5. Волны различной длины в аквариуме	"	1,9	1938		

1	2	3	4	5	6	7
		6. Продольная волна на подвешенной пружине	rõn-gas-film	1,8	1938	
		7. Схема продольной волны	"	1,4	1938	
		8. Схема бегущей продольной волны	"	2,1	1938	
		9. Схема распространения звуковой волны	"	1,2		
		10. Волновое движение	4	477	1936	
		11. Звук в технике	4	365	1940	
		12. Ультразвук	1	52	1948	
		13. Эхолот	1	34	1948	
		14. Запись звука и его воспроизведение	1	56	1948	
		15. Ультразвуковой дефектоскоп	1	43	1948	
	Molekulaar-kineetilise teooria alused.	1. Атомы и молекулы	1	56	1936	
		2. Броуново движение	1	89	1936	
		3. Движение частиц гуммигута в воде	rõn-gas-film	2,3	1940	
	Tahke keha omadusi.	4. Диффузия	1	97	1936	
		Кристаллы	1	70	1936	
	Soojusjõumasin.	1. Работа паровой турбины	rõn-gas-film	1,8	1938	
		2. Работа четырехтактного двигателя	"	4,6	1938	
		3. Работа четырехтактного четырехцилиндрового двигателя автомобильного типа	"	3,3	1938	
		4. Двигатель внутреннего сгорания при постоянном давлении	1	162	1937	VI kl.
X	Magnetväli.	Принцип действия телефона	1	55	1948	
	Vool elektro-lüütides.	Электролиз	1	81	1936	
	Vool gaasides.	Диод	1		1950	
	Generaatorid, mootorid ja transformatorid.	1. Индукция в генераторах	1	52	1935	VII kl.
		2. Спрямление тока и сглаживание пульсаций	1	64	1935	

1	2	3	4	5	6	7
	Elektromagne- tilised võnku- mised ja lai- ned.	Радиолокаци	2	593	1950	

Kinofilmide ja rõngasfilmide nimestik on koostatud 1950. a. ilmunud raamatu «Учебные кинофильмы и киноаппаратура» järgi.

## SISUKORD.

<b>Polütehnilise õpetuse sisu füüsika kursuses</b> . . . . .	3
Energia muundumine. Energeetika . . . . .	5
Energia ülekande viisid. Ülekande mehhanismid ja seadeldised	6
Tähtsaimate masinate ehitus ja töötamine . . . . .	7
Tahkete kehade, vedelikkude ja gaaside omaduste kasutamine tehnikas . . . . .	8
Tähtsaimad tootmisprintsiibid . . . . .	8
Oskuste ja harjumuste kujundamine . . . . .	10
Oskuste ja harjumuste kujundamine füüsikaliste suuruste mõõ- tmiseks . . . . .	11
Praktiline tutvumine mitmesuguste tehniliste seadistega . . . . .	11
Lihtsaimate tehniliste arvutuste teostamise oskuste ja harjumuste arendamine . . . . .	12
Masinate, mehhanismide ja riistade käsitlemine . . . . .	13
<b>Mõningad polütehnilise õpetamise metoodika küsimused füüsika kursuses</b> . . . . .	14
Tehnikas kasutatavate füüsika rakenduste esitamine füüsika õpetamisel . . . . .	14
Metallide plastilisuse kasutamine tehnikas . . . . .	15
Sulandid ja nende kasutamine . . . . .	17
Soojusjõumasinad . . . . .	19
NSV Liidu termofitseerimine . . . . .	31
Elektrienergia kasutamine rahvamajanduses. NSV Liidu elektri- fitseerimine . . . . .	36
Fotoelementide rakendamine . . . . .	44
<b>Ülesannete lahendamine</b> . . . . .	46
<b>Laboratoorsed tööd</b> . . . . .	49
<b>Tootmisalased ekskursioonid füüsikas</b> . . . . .	51
<b>Klassiväline töö</b> . . . . .	60

### L i s a d.

I Füüsika praktilisi rakendusi illustreerivate demonstratsioon- katsete näidisloetelu . . . . .	62
II Oskused ja harjumused, mida õpilased omandavad füüsika kursuse õppimisel . . . . .	65
III Füüsika õpetamisel kasutatavad kinofilmid . . . . .	68

Toimetaja A. Emmo

Tehniline toimetaja E. Plaks

Korrektorid S. Ridala ja

E. Toots

Ladumisele antud 3. X 1953.  
Trükkimisele antud 14. XI 1953.  
Paber 54×84 cm,  $\frac{1}{16}$ . Trükiarv  
2000. Trükipoognaid 4,5 For-  
maadile 60×92 kohaldatud trüki-  
poognaid 3,69. Arvutuspoog-  
naid 4,03. Tellimise nr. 3435.  
MB-15853. Trükikoda «Ühiselu»,  
Tallinn, Pikk 40/42.

**На эстонском языке.**

Hind rbl. 1.10

6—5



Rbl. 1.10

A-19769

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00567451 2