

*konverents*

TÄPPISTEADUSTE ARENGU  
JA METOODIKA  
PÕHIKÜSIMUSI  
EESTI NSV-S

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOI  
ENSV TA LOODUSUURLIATE SELTS  
ENSV HARIDUSMINISTEERIUM

Eesti NSV 25-ndale aastapäevale  
pühendatud III teaduslik-pedagoogilise

konverentsi

"TÄPPISTEADUSTE ARENGU JA METOODIKA  
PÕHIKÜSIMUSI ENSV-s"

ettekannete resümeed

Tartu 1965

**PROGRAMMEERITUD ÕPETAMISE RAKENDAMINE JA PROBLEEMID  
TALLINNA POLÜTEHNILISES INSTITUUDIS.**

**U. A g u r ja M. J a a g u s .**  
Tallinna Polütehniline Instituut.

**I. Organisatsiooniline töö.**

Programmeeritud õpetamise ettevalmistamisele asuti Tallinna Polütehnilises Instituudis 1963. a. sügissemelstril. Novembris loodi TPI Metoodikanõukogu juurde 11-liikmeline uurimisgrupp, kelle ülesandeks oli eelkõige uue õppeviisi tutvustamine TPI õppejõududele ning selle juurutamisele kaasaaitamine. Et kuni vaadeldud hetkeni oli programmeeritud õpetamine TPI õppejõududele sama hästi kui tundmatu, tuli uurimisgrupi liikmelil endil alustada tutvumisest uue õppeviisiga kirjanduse ning komandeeringute vahendusel. Lühiajalisele intensiivsele ettevalmistustööle järgnes ulatusliku propagandatöö järk, mille käigus 1964. aastal viidi läbi kolm loengute tsükliit õppejõududele, kus peale uurimisgrupi liikmete esinesid ka TRÜ õppejõud; samuti arvukalt üksikloenguid, arutelusid, näitlikke tunde jne.; avaldati tutvustavaid artikleid vabariiklikus ajakirjanduses ning "Tallinna Polütehnikus" ja valmistati ette ulatuslikuma ülevaatekoostöö käsikirja /1/. Põhjalik alus ka informatsioonivahetusele teiste keskuste ning õppeasutustega. Uurimisgrupi juurde moodustati käsiraamatukogu, milles 1965. a. algul oli umbes 80 teost programmeeritud õpetamise alalt, vastavaid õppematerjale jne. On alustatud kirjanduse kartoteegi koostamist salkkaartidel.

Tehnilistest vahenditest on TPI hankinud 8 kontrollimisautomaati "Lastotška", millega sisustati üks auditoorium uues õppekorpuses Mustamäel. Ühes kateedris ehitati lihtne kontrollimisseade ("tester") ning valmimisel on automatiseeritud klass AK-5, mille prototüüp töötati välja KVIRTU-s /4/. Automaatika ja telemehhaanika kateedri üliõpilastelt valmis kolm automatiseeritud klassi projekti, mille alusel väljatöötatav optimaalne variant tuleb elluviimisele (Ü. Nurgese ettekanne käesoleval konverentsil). Valmistamisel on seeria Kiievi Riiklikus Ülikoolis väljatöötatud täiustatud konstruktsiooniga perfoplaate. Uurimisgrupp on korraldanud ka testkontrolliks vajalike blankettide paljundamist.

TPI rektoraat on teinud igakülgseid pingutusi uue õppeviisi laialdasemaks ellurakendamiseks. 1964. a. suvel kohustati kõiki TPI kateedreid esitama konkreetseid plaanid programmeeritud õpetamise rakendamiseks õppetöös 1964/65. õppeaastal.

## II. Programmeeritud õpetamise ellurakendamine.

Nõukogude kõrgemate koolide õppetöös on programmeeritud õpetamine leidnud rakendamist seni peamiselt kahes vormis: nn. programmeeritud (parem: mehhaniseeritud) kontrollina ning iseseisva töötamisena programmeeritud materjalidega auditooriumis. Metoodiline eeltöö mehhaniseeritud kontrolli ettevalmistamiseks on suhteliselt väike, seetõttu omandas see kontrollivorm TPI-s õige kiiresti suure populaarsuse. Varsti peale esimest tutvumist uue kontrollimeetodiga 1963. a. sügisel hakati testkontrolli rakendada metallide tehnoloogia, elektrisüsteemide ning automaatika ja telemehhaanika kateedrites, 1964. a. sügissemestril rakendas sellist kontrolli aga juba suurem osa TPI kateedritest, milleks aitas kaasa ka uurimisgrupi poolt väljaantud metoodiline kiri. Sel semestril viidi läbi vähemalt 2000 üksikkontrolli mitmekümmes õppeaines.

Kontrollimeetoditest kujunes ainuvalitsevaks valikvastustega test, mida rakendati jooksvaks kontrolliks semestri väl-

tel, laboratoorseteks töödeks ettevalmistatuse kontrolliks, arvestustel ning täiendava kontrollivahendina eksamitel. Testi vastused jäädvustati ristikestena kindlavormilisel blanketil, tulemusi kontrollis õppejõud läbipaistva või aukudega trafareti abil. Eranditult kõik seda kontrollivormi kasutanud õppejõud märgivad kontrolli hõlpsust ning kasulikkust. Sisuliselt samalaadne on kontroll mehhaaniliste vahendite - lihtsate testrite ning kontrollimismasinate "Lastotška" abil. Masinate "Lastotška" kasutajad märgivad tema olulisi puudusi: küsimuskaartide vahetamise ja paljundamise tülikus, vähene töökindlus ja müra. Neil põhjustel ei pea me nimetatud masinaid kõrgema kooli õppetöös perspektiivseteks ning paljud kateedrid ja õppejõud eelistavad lihtsaimat kontrollivormi testiblankettidega, mis annab metoodiliselt samaväärseid tulemusi.

Valikvastuste meetodi iseärasused ja puudused on olnud paljude vaidluste objektiks, sealhulgas ka TPI-s toimunud aruteludel. Ent kontroll konstrueeritud vastuste kasutamise-ga eeldab üldiselt keerukamate tehniliste vahendite kasutamist ega ole seetõttu suutnud TPI-s veel juurduda. Esimeseks sammuks on siin klassi AK-5 ehitamine, mis võimaldab vastuse-na sisestada kahekohalisi kümnendarve. Samal ajal võimaldaksid isegi lihtsaimad vahendid - perfoplaadid ja trafaretid - kontrollida mitut tüüpi konstrueeritud vastuseid (/1/, p. 3-1). Need võtted ei ole aga veel levinud, muidugi on nad ka metoodiliselt keerukamad ette valmistada kui valikvastustega kontroll. Meie edasised pingutused mehhaniseeritud kontrolli osas peavad olema suunatud eelkõige kontrolliviiside mitmekesistamisele.

Märksa halvem on olukord iseseisvaks õppimiseks ettenähtud programmeeritud materjalidega. Alustati vastavate materjalide hankimist teistest õppeasutustest; rotaatoril paljundati mõned osad I. Romanova programmeeritud füüsikaõpikust /5/ ning rakendati neid piiratud ulatuses katseliselt õppetöös. Rea kateedrite 1964/65. a. plaanis oli programmeeritud õppematerjalide ettevalmistamine mõnede õppeainete ük-

sikute teemade või lõikude osas, ent see töö on kulgenud väga aeglaselt, mis seletub ettevalmistustöö suure töömahukuse ning metoodilise keerukusega, samuti kogemuste täieliku puudumisega. Teiste nõukogude õppeasutuste kogemused on näidanud, et ulatuslikuma programmeeritud materjali koostamine nõuab 1-2-aastast ettevalmistustööd materjali metoodiliseks viimistlemiseks, tüüpvigade kogumiseks jne. On vähe lootust, et meil õnnestuks sellist suhteliselt pikka ettevalmistusperioodi lühendada. Ka vastavate materjalide koostamine üleliidulises ulatuses lahendaks ikkagi vaid osa küsimust: kogemused on näidanud, et mistahes õppematerjalid vajavad kohandamist kohalike vajaduste ning õpetamistraditsioonidega. Pealegi pole alust oletada, et esimesed saabuval materjalid oleksid täiuslikud.

### III. Mõnedest teoreetilistest probleemidest.

Programmeeritud õpetamise alane uurimistöö nõuab spetsiaalse ettevalmistusega mitme eriala spetsialistide osavõttu. Ei ole mõeldav, et selline õppeasutus nagu TPI suudaks läbi viia ulatuslikumaid pedagoogilisi uuringuid. Seetõttu seab programmeeritud õpetamise uurimisgrupp endale uurimistöö osas õige tagasihoidlikud ülesanded, pidades oma tegevuse põhieesmärgiks praktiliste kogemuste läbitöötamist ning üldistamist. See ei takista meil aga nägemast olulisi puudusi ja lünki programmeeritud õpetamise alustes ning meetodites ja tegemast katsset neisse probleemidesse süveneda.

Kõige suuremaks takistuseks programmeeritud õpetamise rakendamisele on ebaselgus programmeerimismeetodite hindamisel. Kritispeerides ameerika teadlaste kontseptsioone, pole meie teadlased seni suutnud ise anda viimistletud meetodeid ja soovitusi ning konkreetseid juhiseid, mida pedagoogina töötav õppejõud saaks rakendada programmeerimiseks. Seni aga kujuneb programmeerimistehnika valik paratamatult vähe põhjendatuks.

Paljudest programmeeritud õpetamise aladest tööd

paistab vähene tähelepanu õppeainete spetsiifikale. Igal õppeainel ning sageli (eriti rakendusteadustes) isegi tema üksikutel osadel on oma loogiline struktuur ning materjali laad ja need nõuavad optimaalseks omandamiseks erilaadseid mõtetegevuse vorme. Mõni konkreetne programmeerimis- või kontrollivõtte võib seetõttu ühes kohas osutada kõlbmatuks, teises aga soodsaks. Seetõttu tuleb sageli avaldatavad absoluutiseeritud hinnangud lugeda sobimatuteks. Muidugi pole mõeldav ega ka vajalik töötada välja erinevaid meetodeid iga õppeaine jaoks. Alustada tuleks õppematerjali läbitöötamisest tema omandamise loogiliste ning teataval määral ka psühholoogiliste aluste seisukohalt. Tulemuseks peaks olema mingi õppematerjali loogilis-psühholoogiline klassifikatsioon, mis tuleks siis seada vastavusse programmeeritud õpetamise meetodite ning võtetega.

Üpris juhuslikult kulgeb programmeeritud õpetamise tehniliste vahendite väljatöötamine. Kontrollimisautomaatide arvukas nomenklatuuris on väga vähe tehniliselt ning metoodiliselt küpsi konstruktsioone. Võimalik, et just selles töös saab tehniline õppeasutus nagu TPI anda oma panuse. Ent ka tehniliste vahendite konstrueerimise edukuse aluseks on mitmete teoreetiliste pedagoogilis-psühholoogiliste probleemide lahendamine.

#### K i r j a n d u s .

1. Agur, U., Programmeeritud õpetamine ja õpetamismasinad ning nende rakendamine kõrgemas koolis, Tallinn 1964.
2. Agur, U., Programmeeritud õpetamine ja õppeprotsessi automatiseerimine. "Tehnika ja Tootmine" 1964, nr. 8.
3. Agur, U. Õpetamismasinad. "Tehnika ja Tootmine" 1964, nr.9.
4. Ростунов, Т.И., Программированное обучение и автоматизация учебного процесса, Изд. КВИРТУ, Киев 1963.
5. Романова, И.А., Физические основы механики, Киев 1963.

## TEADUSLIKU TÖÖ PRODUKTIIVSUSEST.

J. E i n a s t o .

ENSV TA Füüsika ja Atronoomia Instituut.

Ettekandes vaadeldakse teadusliku töö produktiivsuse sõltuvust indiviidist, välistingimustest, tööpaigast ja töö tehnilisest baasist.

Teadusliku töö produktiivsuse mõõduna kasutatakse ilmunud tööde arvu ja nende kaalu. Viimase määramisel arvestatakse töö publitseerimise kohta ja töö mõju teaduse arengule, mille mõõduks on selle tsiteerimise sagedus.

Tehakse mõningad ettepanekud teadusliku töö organisatsioonilise külje parandamiseks produktiivsuse tõstmise eesmärgil.

PROGRAMMEERITUD ÕPETAMISE KOGEMUSI FUNKTSIONAALSE  
SÕLTUVUSE KORDAMISEL KESKKOOLI LÕPUKLASSIS.

A. H a a m e r .  
Elva Keskkool.

1. Funktsionaalse sõltuvuse ideega seotud teemade käsitlemine algab 6-ndas klassis ja läbib kogu keskkooli matemaatikakursust. Põhimõistete ja funktsioonide omaduste kindlaks omandamiseks on ülevaatlik ja üldistav kordamine keskkooli lõpuklassis hädavajalik.

Ettekandes näidatakse, kuidas katsetati selle teema programmeeritud kordamist ja missuguseid tähelepanekuid tehti.

2. Eksperimendi eesmärgiks oli selgitada, missuguses ulatuses ja millisel viisil on programmeeritud õpetamine otstarbekohane mainitud teema puhul, kas selline õpetamisviis kindlustab funktsionaalse sõltuvuse põhimõistete kindla omandamise ja säästab õpilaste aega.

3. Eksperiment korraldati Elva Keskkooli 11a klassis, kus õpib 21 õpilast. Kontrollklassiks oli sama kooli 11b klass, kus on 22 õpilast. Programmeeritult korraldati järgmisi teemasid: "Jäävad ja muutuvad suurused", "Lineaarfunktsioon", "Ruutfunktsioon", "Eksponent- ja logarifmfunktsioon" ja "Trigonomeetria funktsioonid".

Kordamine toimus paralleelselt uue aine käsitlemisega 12 tunnis, igas 15 - 20 minutit. Programmeeritud materjali said õpilased endile ka koju kasutamiseks.

Programm on lineaarne. Pealkirjade juures on ka viited õpiku vastavatele paragrahvidele.

Iga terviklik osa, näiteks "võrdeline sõltuvus", on osade kaupa paigutatud ühele või kahele lehele. Sisemine tagasiside on tagatud sel teel, et sama lehe paremal serval on antud õiged vastused. Vastustega leheserv on lünkade täitmise ajaks alla pööratud ja seega ka varjatud.

N ä i t e k s :

Võrdeline sõltuvus

- |   |  |
|---|--|
| <p>1. Võrdelisteks suurusteks nimetatakse kaht suurust siis, kui nende vastavate väärtuste ..... on .....</p> <p>2. Võrdeline sõltuvus väljendub valemiga ....., kus <math>x</math> ja <math>y</math> on ..... ja "a" on .....<br/>jne.</p> | <p>1. suhe, jääv</p> <p>2. <math>y = ax</math><br/>muutuvad (võrdelised) suurused, jääv suurus</p> |
|---|--|

Eelnevalt lugesid õpilased kodus või klassis vastava materjali või kuulasid õpetaja suulist seletust ja klassis täitsid lüngad reprodutseerides või mõnel juhul otseselt õpiku abi kasutades.

Kontrollklassis aga kordasid õpilased ainet õpikust õpetaja poolt antud kava järgi sama aja vältel.

4. Senised tähelepanekud, kontrollküsimused ja kontrolltööd näitavad, et programmeeritult õppides saavutasid edu nõrgemad ja suhteliselt väiksema loogilise mõtlemisvõimega õpilased.

Õpilaste küsitlemine näitab, et neile meeldib õppida programmeeritult, sest aineosast on lühidalt välja toodud kõige olulisem, lünkade täitmine sunnib õpilast mõtlema, ta saab oma tööd kontrollida ja aine omandamiseks kulub vähem aega.

Lõplikke tulemusi praegu esitada ei saa, sest eksperiment jätkub.

## ÕHUKESTE KIHTIDE SAAMISEST JA NENDE PRAKTILISEST KASUTAMISEST.

A. H a a v , K. P i i r , A. T a m m i k ja  
L. T u v i k e n e .

Tartu Riiklik Ülikool.

1. Viimaste aastate vältel on intensiivselt arenenud uurimistööd õhukeste kihtide (paksus kuni  $1 \mu\text{m}$ ) valmistamise ja kasutamise valdkonnas. Huvi õhukeste kihtide vastu ei ole juhuslik, vaid on tingitud nende füüsikalistest, keemilistest ja struktuursetest omadustest, mis võivad oluliselt erineda vastavate massiivsete kehade omadustest. Teiselt poolt on õhukesed kihid leidnud ulatuslikku rakendamist mitmete teaduse ja tehnika harudes. Allpool peatume lähemalt õhukeste kihtide saamise ja kasutamise mõningatel võimalustel.

2. Õhukeste kihtide saamise viise on mitu, kuid üheks kõige olulisemaks teiste hulgas on vaakuumaurustamine.

Tänapäeva vaakuumaurustamiseseade on komplektseeritud süsteem, mis sisaldab mehhaanilisi, optilisi ja elektroonseid seadmeid. Ta peab eelkõige tagama nõutava vaakuumastme saamise, paljude ainete järjestikuse või kahe kolme aine samaaegse aurustamise, kusjuures kõigi kihtide parameetrid peavad olema kontrollitavad kihi valmistamise käigus. Kui mõned aastad tagasi vaakumsüsteemides kasutati vaakuumi tekitamiseks vaid eelvaakuum- ja õlidifusioonipumpi, mis võimaldasid saada vaakuumi kuni  $10^{-7}$  torri, siis praegu on kasutusele võetud mitmed uued pumbatüübid, näit. molekulaar-, adsorptsioon- ja kondensatsioonipumbad. Kõigi olemasolevate pumbatüüpide kasutamine tagab suurtes ruumalades vaakuumi, mis on vaba difusioonipumbaõli aurudest ja mille suurus on  $10^{-14}$  torri. Nii suure vaakuumastme vajalikkuse tingib nõue saada puhastaid õhukesi kihte. Elementaarne arvutus näitab, et vaakuumi  $10^{-5}$  torri korral kondenseerub koos aurustatava aine aatomitega 1 sek. vältel monomolekulaarne kiht hapnikku. Puhastes õhukestes kihtides tuleb aga  $10^7$  aurustatud aine aatomi kohta 1 võõraatom.

On kõigile teada, et käesoleval ajal ei tooda meie töösutus õhukeste kihtide valmistamiseks eespool märgitud nõudeile vastavaid universaalseid vaakuumüsteeme, mistõttu uurimislaboratooriumid ehitavad neid ise vastavalt oma vajadustele. Vaakuumsüsteemi ehitamine, nagu näitavad meie kogemused, nõuab hea kvalifikatsiooniga mehhaanikut-treialit, spetsiaalseid korrosioonikindlaid materjale, vastavat projekti ja täpsustööpinke.

TRÜ elektroluminestsentsi ja pooljuhtide laboratooriumis projekteeritud ja ehitatud vaakuumüsteemid on oma omadustelt ja töökindluselt paremad kui senini seeriaviisiliselt toodetavad vaakuumüsteemid ЭВН-2 ja YBP-2.

3. Õhukeste ferromagnetiliste kihtide perspektiivseks rakendusalaaks on nende kasutamine elektronarvutusmasinate mälulementidena, mille tulemusena võib masinate arvutuskiirust tõsta kahe-kolme suurusjärgu võrra.

4. Paljudel juhtudel (näit. kosmose uurimiseks) on vajalik valmistada väikeste mõõtmetega ja vähese kaaluga raadioaparatuuri. Kaasaegne vaakuumaurustamise tehnika võimaldab ühe tsükli vältel valmistada määratud suurusega takisteid ja kondensaatoreid, ühendada vajalikud elemendid või vastupidi - isoleerida nad üksteisest dielektrikust vahakihtidega. Sellisel viisil valmistatud detaile mahub  $1 \text{ cm}^2$  suurusele pinnale kümme, aga  $1 \text{ cm}^3$ -sse mahub neid sadu.

5. Õhukeste kihtide rakendamisest optikas. Soovitud peegeldumisvõime ja läbilaskevõimega mitmekihilise optilise katte projekteerimiseks ning valmistamiseks mõne aluspinna (objektiiv, prisma jm.) jaoks on tarvis määrata katte koosseisu kuuluvate kihtide paksused ja murdumisnäitajad vastavas spektraalpiirkonnas. Dielektrilistest materjalidest kihtide paksused on tavaliselt täisarv korda valguse veerandlainepikkus. Nende materjalide murdumisnäitajaid  $n$  on otstarbekas klassifitseerida aluspinna materjali murdumisnäitaja 1,5 suhtes kolme klassi:  $1 < n < 1,5$  näit.  $\text{MgF}_2$ ,  $\text{CaF}_2$  jt.;  $1,5 < n < 2,0$  näit.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaSiO}_3$  jt.;  $n > 2$  näit.  $\text{ZnS}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  jt.

a) Selgendavad mitmekihilised katted mitteneelavatest dielektrikute kihtidest objektiivivi või prisma pinna peegeldusvõime vähendamiseks ja seega optilise riista läbilaskevõime tõstmiseks ning parasitvalguse vähendamiseks. Katte selgendav mõju on seda suurem, mida väiksem on vastu õhku asuva kihi murdumisnäitaja (vt. ained, mille  $n$  on vahemikus  $1 < n < 1,5$ ).

b) Dielektrilised peegelkatted (suure peegeldusvõimega) vastandina metallpeeglitele on väga väikese neeldumisvõimega ja neid kasutatakse interferomeetrite konstrueerimisel. Neis katteis on eriti sobiv valmistada kiht vastu õhku suure murdumisnäitajaga materjalidest ( $n > 2$ ).

c) Interferentsvalgusfiltrid on kas ainult dielektrilistest ainekihtidest katted või ka metallodielektrilised katted, mis lasevad läbi langevast (pideva spektriga) valgusest väga kitsaid spektraalribasid väikese neeldumisega. Parematel interferentsfiltritel on saavutatud läbilaskeriba laiuuseks mõnikümmend Å ja läbilaskevõime riba keskkohas kuni 85 %.

d) Amplituudfiltrid on niisuguste läbilaskvustsoonidega ekraanid optilise riista sisenemisavas, mis mõjustavad riista difraktsiooni kas lahutusvõime tõstmise suunas või suurendavad kujutise kontrastsust.

Nimetatud materjalidest ( $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ) on võimalik valmistada väga stabiilsete omadustega kihte, mis sobivad antikorrosioonkateteks ning heade isolatsiooniomaduste tõttu ka isolatsioonikihtideks mikrominiatuursetes kondensaatorites.

6. Õhuke si lüminestseerivaid kihte, nn. sublimatefosfoore leelishalogeniididest valmistatakse esmakordselt F.D. Klement. Käesoleval ajal on Zn- ja Cd-sulfiididest, seleniididest jt. ainetest valmistatud foto-, katood- ja elektrolüminestseerivaid sublimatefosfoore, mis on leidnud ulatuslikku kasutamist mitmetüübiliste ekraanide näol. Sublimatefosfooride baasil valmistatud ekraanide eeliseks võrreldes pulbrilistest

fosfooridest valmistatud ekraanidega on nende helenduse ühtlus, suurem lahtusvõime, läbipaistvus ja elektroluminestseerivate kihtide korral suurem tundlikkus pinge suhtes. TRÜ elektroluminestsentsi ja pooljuhtide problemlaboratooriumis on üheks keskseks uurimisprobleemiks viimase paari aasta vältel kujunenud tsinksulfiidi baasil elektroluminestseerivate kihtide valmistamise tehnoloogia väljatöötamine ja kihtide elektriliste-, luminestsentsikarakteristikute ja struktuuri vastastikuse seose uurimine. Laboratooriumis on valmistatud kollase ja rohelise helendusega elektroluminestseerivaid õhukesi kihte. Elektronmikroskoopiliste uurimistega on välja selgitatud nende kihtide luminestsentsomaduste seos kihtide struktuuriga.

#### K i r j a n d u s .

1. Холланд, Л., Нанесение тонких пленок в вакууме, ГЭИ, Москва - Ленинград 1963.
2. Метфессель, С., Тонкие пленки и их изготовление и изменение, ГЭИ, Москва - Ленинград 1963.
3. Сборник "Тонкие ферромагнитные пленки", Изд. "Мир", Москва 1964.
4. Королев, Б.И., Основы вакуумной техники, ГЭИ, М.-Л.1964.
5. Дешман, С., Научные основы вакуумной техники, Изд.ИЛ, 1964
6. Сборник "Современная вакуумная техника", Изд. "Мир", 1963.
7. Розенберг, Г.В., Оптика тонкослойных покрытий, М. 1958.
8. Thornton, W.A., Phys. Rev. 123, 5, 1583, 1961.
9. Goldberg, P., Nickerson, J.W., J.Appl. Phys., 34, nr. 6, 1601, 1963.
10. Коджестеров, Ф.Ф., Костылев, С.А., Журнал прикладной спектроскопии, 1, 2, 118, 1964.

OSTSILLOGRAAFILINE MEETOD FÜÜSIKA  
PRAKTIKUMIDES.

J. H e n d r e.

Ed. Vilde nim. Tallinna Pedagoogiline Instituut.

Elektronostsillograaf on erakordselt universaalne mõõte- ja uurimisriist /1; 2/, mille kasutamine õppeasutuste laboratooriumides väärriks suuremat tähelepanu. Ostsillograafilise meetodi rakendamine võimaldab paljude tööde tegemisel vähendada ajakulu ja avada sügavamalt uuritava nähtuse olemust. Elektronkiiretoru ja tema kasutamine elektronostsillograafis ning televiisoris on võetud ka keskkooli füüsika programmi /3/. Elektronostsillograafi praktilist rakendamist võib hea eduga tutvustada X kl. füüsika praktikumis.

Vaatleme näitena kolme tööd, mis on kerged üles seada keskkoolide füüsikakabinettides leiduvate standardsete õppevahenditega. Kaht esimest tööd soovitatakse füüsika praktikumi tööde nimekirjas /3/.

Dioodi ja pooljuhtdiodi tunnusjoone võtmine.

Tavaliselt konstrueeritakse graafik, mis väljendab anoodvoolu tugevuse sõltuvust anoodpingest üksikute punktide järgi. See on aeganõudev ja väheproduktiivne. Ostsillograafi abil jõuavad õpilased uurida kahetunnilises praktikumis nii tavalise dioodi kui ka pooljuhtdiodi tunnusjoont (programmis 2 eraldi tööd).

Skeem töö tegemiseks on esitatud joonisel 1.

Anoodpinge rakendatakse diodile autotransformaatorist

või vahelduvvooluvõrgust potentsiomeetrilises lülituses. Di-  
oodi kütteks võib kasutada akut või kaudse küttega lambil  
koolitransformaatorit. Skeemilt on näha, et anoodpinge ra-  
kendatakse ostsillograafi x-plaatidele, y-plaatidele aga pin-  
ge takistilt R, mis on võrdeline dioodi läbiva voolutugevuse-  
ga. Seega kantakse horisontaalteljele anoodpinge muutused,  
vertikaalteljele aga anoodvoolu tugevuse muutused.

Õpilased kopeerivad tunnusjoone ekraanilt pauspaberile  
erinevate küttevoolu väärtuste korral. Tehakse järeldused.

DiOOD asendatakse alaldajasambaga. Korratatakse vaatlusi.

Lõpuks on soovitatav asendada pooljuht-diodid tavalise ta-  
kistusega, mille puhul saadakse puhtlineaarne sõltuvus, mis  
väljendab Ohmi seadust. Soovitatav on samuti ühendada ahelasse  
induktiiv- või mahtuvustakistus ja nõuda õpilastelt järeldus-  
te tegemist Ohmi seaduse kohta viimati nimetatud takistuste  
korral.

#### Lampgeneraatori koostamine.

Lihtsa lampgeneraatori võib koostada stabiilses X klas-  
si füüsika õpikus toodud skeemi järgi. Elektronlambiks on so-  
biv kasutada kaksiktriiodi 6H7. Võnkering koostatakse kondensaatorite patareist (0,5 - 8  $\mu$ F) ja 120 voldi tähisega kooli-  
transformaatori poolist. Tagasisidestuseks kasutatakse kooli-  
transformaatori 220 voldi tähisega pooli. Mõlemad poolid ase-  
tatakse südamikule, ja seda ei suleta. Anoodpinge (200 V)  
ja küttepinge (6,3 V) tekitamiseks kasutatakse kenotronalal-  
dajat. Ostsillograafi y-sisend ühendatakse paralleelselt võn-  
keringiga.

Töö esimeses osas muudavad õpilased võnkeringi mahtuvust  
ja induktiivsust, kopeerivad mõned kõverad ostsillograafi ek-  
raanilt pauspaberile ja teevad järeldused Thomsoni valemi kah-  
tivuse kohta.

Töö teises osas õpitakse elektronostsillograafi abil  
mõõtma sagedust.

Ostsillograaf gradeeritakse valgustusvoolu sagedusega.  
Selleks ühendatakse kontrollsignaali klemm ostsillograafi y-  
sisendiga ja märgitakse mõõtevõrgul standardse vahelduvvoolu

üht perioodi (1/50 sekundit) hõlmav vahemik. Rakendades y-sisendile seejärel pinge lampgeneraatorilt, vaadeldakse, mitu uuritava pinge perioodi (T) katab gradueerimisel saadud vahemiku. Leitakse uuritav sagedus

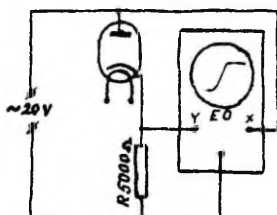
$$f = 50 \times T .$$

Kirjeldatud lampgeneraatoris tekivad helisageduslikud võnkumised. Ühendades anoodahelasse järjestikku elektrodünaamilise valjuhääldaja, võib antud töös muuta võnkumised kuuldavaks ja uurida tooni kõrguse sõltuvust võnkesagedusest /4/.

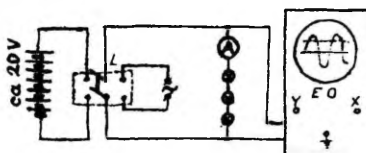
### Vahelduvvoolu tugevus ja pinge efektiivväärtuste määramine.

Metoodilises kirjanduses pole ühtki katset ega laboratoorset tööd, mis avaks vahelduvvoolu tugevuse ja pinge efektiivväärtuste mõiste füüsikalise sisu. Selle puudujäägi võib katta elektronostsillograafi kasutamine /5/.

Töö skeem on toodud joonisel 2.



Joon. 1



Joon. 2

Kahepoolse lüliti (L) keskmised klemmid ühendatakse otsestelt elektronkiiretoru vertikaalselt kallutatavate plaatidega (sisendid asuvad ostsillograafi korpuses oleva lahtikäiva uksekese all). Paralleelselt ostsillograafiga on lülitatud 3,5- või 6,3-voldised pirnid. Ostsillograafi ekraanile pannakse pauspaber.

Tehakse vaatlused:

1. Lülitil L avatud olekus joonestatakse pauspaberile "nulljoone" asukoht.

2. Lülitiga L rakendatakse lampidele ja elektronkiiretoru  $y$ -plaatidele alalispinge. Kirjutatakse üles ampermeetri näit ja märgitakse pauspaberile helenduva joonekese uus asukoht. Samuti pööratakse tähelepanu lampide põlemisheledusele.

3. Lülitil ühendatakse vahelduvvoolu allikaga ja autotransformaatori abil valitakse selline vahelduvvoolu tugevus, mis oma soojusliku toime poolest on ekvivalentne vastava alalisvoolu tugevusega. Seda otsustatakse ampermeetri näidu ja lampide heleduse järgi. Vahelduvvoolu graafik joonestatakse pauspaberile.

4. Mõõdetakse vahelduvvoolu amplituudväärtuse kõrgus ( $I_0$ ) ja alalisvoolule vastava "joone" kaugus "nulljoonest" ( $I$ ). Nende andmete järgi koostatud suhe  $I_0/I$  on küllaldase täpsusega võrdne  $\sqrt{2}$ .

Samasugune tulemus saadakse ka vahelduvvoolu pinge amplituudväärtuse ja efektiivväärtuse suhte kohta. Viimasel juhul tuleb paralleelselt lampidega ühendada elektromagnetiline voltmeeter.

#### K i r j a n d u s .

1. Rider, J.F., Uslan, S.D., Encyclopedia on cathode-ray oscilloscopes and their uses, New York 1950.

2. Вишнчук, И.М. и др., Электронно-лучевой осциллограф и его применение в измерительной технике, Москва 1959.

3. Keskkooli programmid 1964/65. õppeaastaks. Füüsika. Astronoomia. ERK, Tallinn 1964.

4. Hendre, J., "Nõukogude Kool" 1963, nr. 4.

5. Рыжкович, А.П., Хендре, Я.М., Ученые записки ЛПИИ им. Герцена, т. 223, Ленинград 1961.

## KAASAEGNE MATEMAATIKA JA MATEMAATIKA ÕPETAMISE ÜLESANDED.

E. J ü r i m ä e .  
Tartu Riiklik Ülikool.

Käesolevas peatume lühidalt nendel põhilistel ülesannetel, mis seisavad matemaatika õpetamise ees üldhariduslikes koolides kaasaegse matemaatika nõuete alusel. Seoses sellega vaatleme ka mõningaid olulisi momente seoses vastava ala pedagoogide ettevalmistamisega.

1. Kaasaegse matemaatika kaks iseloomulikku külge. Kaasaegset matemaatikat iseloomustab ühelt poolt tema rakendusvälja äärmiselt kiire laienemine. Matemaatika laialdane rakendamine on muutunud hädavajalikuks niisugustel elualadel nagu tööstuslike protsesside juhtimine, põllumajanduslike kultuuride planeerimine jne., mis mõningad aastakümned tagasi seisid hoopis kaugel matemaatika rakendusväljadest. Ei saa märkimata jätta matemaatika järjest laialdasemat rakendamist ka sellistes teadusharudes nagu bioloogia, meditsiin, psühholoogia ja keeleteadus. Matemaatilised meetodid on hakanud kaasa rääkima ka mitmesuguste kunstiküsimuste lahendamisel.

Teiselt poolt aga iseloomustab kaasaegset matemaatikat üldiste ja äärmiselt abstraktsete küsimuste sügav teoreetiline läbitöötamine. Nende teoreetiliste uurimuste puhul ilmneb selgesti kaasaegse matemaatika struktuuriline iseloom. Nimmelt on matemaatika oma kaasaegsel arenguetapil jõudnud selleni, et on selgunud üksikud kindlapiirilised struktuurid,

mis on ühised vägagi erinevatele matemaatilistele teooriatele.

Kuigi matemaatika rakendusvälja erakordselt kiire laienemine kaasajal on põhiliselt seotud vastava arvutustehnika arenemisega, ei tule siinkohal alahinnata seda olulist osa, mis on kaasaegse matemaatika struktuuridel üksikute matemaatiliste teooriate lihtsustamisel ja selgepiirilisemaks muutmisel.

2. Kaasaegse matemaatika põhilised struktuurid. Kaasaegse matemaatika baasiks on saksa matemaatiku Georg Cantori (1845-1918) poolt loodud üldine hulgateooria. Viimase pinnal said kristalliseeruda üksikutes matemaatilistes teooriates sajandite jooksul kogutud teadmised, tulla ilmsiks need ühised jooned, mis on omased ühtedele või teistele matemaatika harudele. Loodud üldise hulgateooria ning formaalse aksiomaatilise meetodi pinnal selgusid nn. matemaatika põhilised struktuurid (vt. /2, 3/), millest tähtsamad on algebraline, topoloogiline ja relatsioonide struktuur. Sellise struktuurilise matemaatika levimine kogu maailmas on suurel määral seotud Nicolas Bourbaki nimega. Sellise pseudonüümi all tegutses grupp prantsuse matemaatikuid, kelle sulest ilmus terve seeria raamatuid üldise pealkirja all "Matemaatika elemendid". Kuigi mainitud suunal on veel küllaltki palju vastaseid, on ilmne siiski see, et struktuuriline matemaatika on palju kaasa aidanud kaasaegse matemaatika arengule ning on toonud selgust klassikalise matemaatika paljudesse küsimustesse.

3. Koolimatemaatika uuendamine. Seoses ülalmärgituga on tõusnud praegu teravalt päevakorda küsimus reformi vajadusest koolimatemaatikas (vt. /1, 4-9/). On oluline märkida, et kui sajandi algusest pärinevad koolimatemaatika reformimise katsed taotlesid eeskätt koolis õpetatava ja teaduses valitseva taseme ajaloolist lähendamist, siis praegused koolimatemaatika uuendamise nõuded lähtuvad suurel määral sisulistest kaalutlustest. Peetakse silmas järgmist kahte teesi:

a) koolimatemaatikas tuleks arvestada matemaatika põhi-

lisi struktuure nii aine valiku kui ka õpetamise meetodite seisukohalt;

b) aine valik ja õpetamine peavad olema niisugused, et õpilased omandaksid selle põhilise elementaararvematemaatikast, millel on oluline koht inimese igapäevase elu seisukohalt, ja näeksid ka seda suurt rakendusvälja, mis on kaasaegsel matemaatikal.

Just sel viimasel on eriline tähtsus selleks, et matemaatikast huvitatuid tekiks üha rohkem ja rohkem. Seda aga nõuab meie üha arenev elu.

4. Ülesanded metoodilise mõtte alal. Üldmääratud printsiibid seavad matemaatika õpetamise metoodikaga tegelevate inimeste ette järgmised ülesanded:

- a) õpetatava aine sisu kindlaksmääramine;
- b) õpetatava aine esitamine matemaatika põhilisi struktuure arvestades;
- c) funktsionaalse seose senisest suurem rõhutamine.

Neile nõuetele lisandub veel programmeeritud õpetamise sisseviimine, mis aga on juba üldiseks, mitte üksnes matemaatika õpetamist puudutavaks probleemiks.

5. Ülesanded pedagoogilise kaadri ettevalmistamise osas.

Oluline on matemaatikat õpetada nii, et see oleks huvitav noortele. Seda võib saavutada ainult see õpetaja, kellel on laiad teadmised kaasaja matemaatikast ja selle rakendusala-dest. Ei aita aga üksnes sellest. On tähtis, et õpetaja oleks ise osa saanud matemaatilise loomistõõmusest, et ta ise kas või vähesel määral oleks tegelnud uue loomisega matemaatikas või selle rakendustes (vt. /4, 6/).

Uute õpetajate ettevalmistamisel tulenevad siit järgmised ülesanded:

- a) tutvustada tulevasi pedagooge kaasaegse matemaatika ja tema alustega;
- b) näidata kõige erinevamaid ning eeskätt just uuemaid matemaatika rakendusalasid (traditsioonilistest on sageli mingi ülevaade juba olemas);
- c) virgutada kõiki tulevasi õpetajaid kasvõi minimaalselegi iseseisvale uurimistööle.

Juba töötavate pedagoogide kvalifikatsiooni tõstmise eesmärgil tuleks:

- a) korraldada suvekursusi kaasaegse matemaatika ja tema rakendustega tutvustamiseks;
- b) trükisõna kaudu tutvustada pedagooge ja laiemat avalikkust matemaatika uemate rakendusaladega.

6. Ülesanded matemaatikute kaadri ettevalmistamise alal. Arvestades üha suurenevaid nõudeid nende inimeste järele, kellel oleks huvi ja võimeid matemaatiliste küsimuste lahendamiseks, tuleks

- a) jätkata ja laiendada tööd matemaatika eriklassidega;
- b) kaaluda võimalusi (Moskva, Novosibirski jt. ülikoolide eeskujul) vastavasuunalise internaatkooli loomiseks TRÜ juures.

#### K i r j a n d u s .

1. Markuševitš, A., Mis on keskharidus? "Rahva Hääl" 8. jaan. 1965.
2. Smithies, F., What is modern mathematica? "Math. Gaz." 1963, 47, nr. 362, 278-298.
3. Бурбаки, Н., Архитектура математики. "Матем. просвещение", 1960, вып. 5, стр. 99-112 nr. Бурбаки, Н., Очерки по истории математики, Москва 1963, стр. 245-259.
4. Гнеденко, Б.В., О воспитании учителя математики. "Матем. в школе", 1964, nr. 6, стр. 8-20
5. Маркушевич, А.И., К вопросу о реформе школьного курса математики. "Матем. в школе", 1964 nr. 6, стр. 4-8.
6. Поля, Дж., Усвоение математики, ее преподавание и обучение педагогическому мастерству, "Ма-

тем. в школе", 1964, нр. 6, стр.  
80-89.

7. Развивать и совершенствовать школьное математическое образование. "Матем. в школе", 6, стр. 1-3 (передовая).
8. Меморандум американских математиков. "Математ. в школе", 1964, нр. 4, стр. 90-92.

## MATEMAATILISE PLANEERIMISE PÕHISUUNDADEST.

Ü. K a a s i k .  
Tartu Riiklik Ülikool.

Nii kogu ühiskonna kui ka tema üksikute kollektiivide majandusliku tegevuse planeerimisel ja juhtimisel tuleb pidevalt lahendada väga mitmesuguseid matemaatilisi ülesandeid. Oma iseloomu järgi võib need ülesanded jaotada kahte suurde liiki.

Planeerimisel kerkivatest ülesannetest ühe liigi moodustavad niisugused, milles kõik otsitavad plaaninäitajad on objektiivsete tingimuste poolt tegelikult määratud ja küsimus taandub vaid nende väljaarvutamisele. Matemaatiliselt see tavaliselt tähendab, et tundmatute määramiseks saadavate (sõltumatute) võrrandite arv võrdub tundmatute arvuga, kusjuures sel võrrandisüsteemil on üksainus lahend - leidub vaid üks objektiivselt võimalik plaan. Erilisi matemaatilisi meetodeid tuleb niisuguste ülesannete lahendamisel tarvis vaid siis, kui tundmatute ja võrrandite arv on väga suur või kui võrrandid on väga keerulise struktuuriga.

Teise liiki kuuluvad niisugused planeerimisülesanded, kus objektiivsed tingimused ei määra kõiki tundmatuid täielikult, vaid ainult teatud määral kitsendavad nende valikut. Sellisel juhul jääb plaani koostajale vabadus valida suure hulga objektiivselt võimalikkude plaanide seast see, mis mingis mõttes osutub kõige paremaks.

Matemaatiline planeerimine ongi matemaatika haru, mis tegeleb niisuguste "mingis mõttes parimate" ehk optimaalsete

plaanide leidmiseks vajalike meetodite väljatöötamisega. Kõrvuti planeerimisülesannete lahendamise meetodite väljatöötamisega on matemaatilise planeerimise uurimisobjektiks ühtlasi ka selliste võtete ja meetodite leidmine, mis võimaldavad majanduslikke probleeme formuleerida edasiseks uurimiseks sobival kujul.

Matemaatiliselt sõnastatud planeerimisülesannet iseloomustab tavaliselt järgmise nelja põhilise komponendi olemasolu:

1) mudel, mis kujutab endast probleemis esinevate muutujate vaheliste (empiiriliste) seoste süsteemi;

2) muutujate hulga alamhulk - otsustusmuutujad, millede konkreetset väärtused on planeeri ja poolt (teatud piirides) valitavad;

3) sihifunktsioon, mis iseloomustab vaadeldava nähtuse kulgemise efektiivsust ja seega koostatava plaani headust (näiteks: mida suurem on sihifunktsiooni väärtus, seda paremaks loetakse vastavat plaani);

4) protseduur, mis võimaldab analüüsida otsustusmuutujate erinevate väärtuste mõju sihifunktsioonile.

Vastavalt nendele põhikomponentidele võibki rühmitada matemaatilise planeerimise peamisi uurimissuundi.

Matemaatiliselt juba sõnastatud planeerimisülesannete omaduste uurimise ja võimalikult ökonoomsete lahendusalgoritmide koostamisega tegelevad sellised suunad nagu: lineaarne planeerimine, mittelineaarne planeerimine, mänguteooria ja dünaamiline planeerimine.

Mudeli koosseisu kuuluvate seoste väljaselgitamise meetodite loomisega tegelevad peale majandusteaduse veel nn. matemaatiliste mudelite teooria ja järjekorrateooria.

Otsustusmuutujate ja sihifunktsiooni väljaselgitamine on küll enamasti majandusteadusliku uurimise objektiks, kuid selle juures kasutatakse üsna ulatuslikku matemaatilist aparatuuri ja juba nimetatud matemaatiliste mudelite teooriat.

Otsustusmuutujate ja sihifunktsiooni vahelisi seoseid,

saamuti mudeli keerulisemaid koostisosi võimaldab avastada küberneetiline modelleerimine, sealhulgas nn. PERT (Program Evaluation Research Technic).

Ettekandes antakse ülevaade nimetatud suundadest ja kirjeldatakse nende kasutamisevõimalusi.

#### K i r j a n d u s .

1. Юдин, Д.Б., Гольштейн, Е.Г., Линейное программирование, Москва 1960.
2. Зуховицкий, С.И., Авдеева, Л.И. Линейное и выпуклое программирование, Москва 1964.
3. Карлин, С., Математические методы в теории игр, программировании и экономике, Москва 1960.
4. Беллман, Р., Динамическое программирование, Москва 1960.
5. Розенберг, В.Я., Прохоров, А.И., Что такое теория массового обслуживания, Москва 1962.
6. Гейл, Д., Теория линейных экономических моделей, Москва 1963.
7. СО АН СССР, Институт Математики. Вычислительные системы, вып. 11, Новосибирск 1964.

ÕPPETÖÖ RATSIONALISEERIMINE LIHTSATE TEHNILISTE  
VAHENDITE ABIL.

H. K a i d r o .  
Tartu Riiklik Ülikool.

Programmeeritud õpetamise senised kogemused näitavad, et esialgu, kui uue õpetamisviisi rakendamine on veel katsetamise ja juurutamise staadiumis, õigustavad ennast praktikas ka lihtsad õpetavad seadmed. Lähtudes neist keelutlustest pöörati TRÜ loogika ja psühholoogia kateedris peamist tähelepanu just lihtsate õpetavate seadmete konstrueerimisele ja nende kasutamise meetodika väljatöötamisele. Ettekandes demonstreeritakse ja kirjeldatakse kahe niisuguse seadme ehitust ja töötamise printsiipe ning antakse juhendeid vastavate programmide koostamiseks.

Perfoplaad on nii meie maal kui ka Ameerika Ühendriikides kasutusel olevate analoogiliste lihtsate õpetavate seadmete täiustatud mudel.

Õpetav saade TRÜ-3 on originaalse konstruktsiooniga ning tal on mitte ainult lihtsate, vaid ka keeruliste õpetavate masinate positiivseid omadusi:

1. Teda kasutatakse koos programmeeritud õppematerjalidega, kuid ta võimaldab ka töötamist olemasolevate õpikute ja õppevahenditega.

2. Tal on ühel ja samal ajal nii õpetav kui ka kontrolliv funktsioon.

3. Teda saab kasutada koos mitut liiki programmidega.

4. TRÜ-3 mahutab küllalt suure arvu küsimusi - 32 kü-

simust 6 võimaliku vastusega igäühele.

5. Võimalike õigete vaatuste arv igale küsimusele ei ole piiratud.

6. Seade on varustatud mäluaga, õpetaja ja ka iga õpilane saab ise peale töö lõppu määrata vigade hulga ja iseloomu.

7. TRÜ-3 on konstruktsioonilt ja käsitsemiselt lihtne ja töökindel.

Nimetatud õpetavaid seadmeid saab kasutada pedagoogilise protsessi mitmetel staadiumidel: 1) uute teadmiste ja vilumuste omandamisel; 2) omandatu kordamisel ja lünkade kõrvaldamisel teadmistes; 3) teadmiste jooksva kontrollimisel; 4) kontrolltööde ja eksamite läbiviimisel.

Loogika ja psühholoogia kateedris kasutati lihtsaid õpetavaid seadmeid loogikakursuse õpetamisel ning saadi positiivseid tulemusi. Ka mitmetes vabariigi üldhariduslikes koolides on programmeeritud õpetamine ja õpetavate masinate raketamine praegu katsetamisel, häid tulemusi peaks andma see ka täppisteaduste õpetamisel.

MÕNED RIDADE TEORIA UURIMISSUUNAD EESTI NSV-s.

G. K a n g r o .

Tartu Riiklik Ülikool.

Diferentsiaal- ja integraalarvutuse meetodid on seda efektiivsemad antud funktsiooni uurimiseks, mida paremad analüütilised vahendid on kasutada uuritava funktsiooni esitamiseks. Üheks kõige sagedamini kasutatavaks funktsioonide esitamise vahendiks on lõpmatud read. Klassikalise analüüsi seisukohalt esitab rida  $\sum u_n(x)$  funktsiooni  $f$  piirkonnas  $D$ , kui see rida iga  $x \in D$  korral koondub väärtuseks  $f(x)$ . Mõõdunud sajandi vahetusel laienes selle esitamise mõiste siisu oluliselt, mille tulemusena ka piirkonnas  $D$  hajuv rida  $\sum u_n(x)$  võib esitada funktsiooni  $f$ , kui aga sellest reast mingi teisendusega saadud rida koondub väärtuseks  $f(x)$  iga  $x \in D$  puhul. Sel korral öeldakse, et vastav teisendus määrab rea  $\sum u_n(x)$  jaoks summeerimismenetluse. Juhul, kui vaadeldav teisendus on antud maatriksiga, siis kõneldakse maatriksmenetlusest. Olgu  $S(f) = \frac{a_0}{2} + \sum (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$  funktsiooni  $f$  Fourier rida. Vaadeldes  $S(f)$  osasummade asemel näiteks nende aritmeetilisi keskmisi (s. t. rakendades aritmeetiliste keskmiste menetlust), võime iga pidevat  $2\pi$ -perioodilist funktsiooni  $f$  esitada tema Fourier'reaga  $S(f)$ .

Funktsioonide esitamise probleemist sõltumatu summeerimismenetluste omaette uurimine viis üldise summeeruvuse teooria tekkimisele. Üldise summeeruvuse teooria põhiprobleemidele ja funktsioonide esitamisega seotud rakendustele ongi pühendatud ridade teooria alased uurimused Eesti NSV-s. Need

uurimused toimuvad käesoleval ajal põhiliselt kolmes suunas:

- 1) summeeruvustegurid,
- 2) summeerimismenetluste üldised omadused,
- 3) Tauberi ja Merceri tüüpi teoreemid.

Iseloomustame lühidalt neid suundi. Et ridade teooria alaseid uurimusi Nõukogude Eestis on hiljuti üsna põhjalikult käsitletud kirjanduses /1, 2/, siis peatume järgnevas ainult kõige hilisematel tulemustel.

1. Summeeruvustegurite alal on põhiliseks küsimuseks jada  $\{\varepsilon_n\}$  jaoks niisuguste efektiivsete tarvilike ja piisavate tingimuste leidmine, et iga rea  $\sum u_n$  korral mingist klassist  $\mathcal{X}$  (näiteks menetlusega  $\mathcal{A}$  summeeruvate ridade klassist) rida  $\sum \varepsilon_n u_n$  kuuluks kindlasse klassi  $\mathcal{Y}$  (näiteks menetlusega  $\mathcal{B}$  summeeruvate ridade klassi). Suurused  $\varepsilon_n$  ongi siis rea  $\sum u_n$  summeeruvustegurid. Käesoleval ajal on summeeruvustegurite uurimissuuna raskuspunkt Eesti NSV-s kandunud summeeruvustegurite rakendustele Fourier' ridade teoorias.

Juba Riemann näitas, et Fourier' rea  $S(f)$  koonduvus punktis  $x$  sõltub ainult funktsiooni  $f$  väärtustest punkti  $x$  ümbruses ehk, nagu öeldakse, Fourier' rea  $S(f)$  koonduvus on funktsiooni lokaalne omadus. Samuti ka rea  $S(f)$  summeeruvus osutub funktsiooni  $f$  lokaalseks omaduseks. Rea  $S(f)$  absoluutne koonduvus aga ei ole funktsiooni  $f$  lokaalne omadus. Rea  $S(f)$  absoluutne summeeruvus (s. o. summeeruvus, mille puhul teisedatud rida koondub absoluutselt) võib mõne menetluse puhul olla funktsiooni  $f$  lokaalne omadus, teise menetluse puhul aga mitte. S. Baron, üldistades vastavaid seni tuntud tulemusi, näitas, et kui suurused  $\lambda_n$  on teatavat tüüpi absoluutse summeeruvuse tegurid, siis saab menetluse  $\mathcal{A}$  jaoks näidata tingimused, mille puhul rea  $\sum \lambda_n (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$  absoluutne  $\mathcal{A}$  - summeeruvus on (ei ole) funktsiooni  $f$  lokaalne omadus.

Üks raskemaid küsimusi Fourier' ridade teoorias on küsimus sellest, kuidas informatsioonist rea  $S(f)$  kordajate  $a_n$  ja  $b_n$  kohta lugeda välja funktsiooni  $f$  omadusi. 1960.a.

näitas saksa matemaatik Goes, et kui  $S(f)$  on puht koosinusrida, mille kordajad  $a_n$  on mingit tüüpi summeeruvustegurid Cesàro menetluse jaoks, siis kuulub  $f$  kindlasse funktsioonide klassi. M. Tõnnov on oma dissertatsioonis üldistanud seda Göesi tulemust juhule, kui Cesàro menetluse asemel vaadelda mistahes regulaarset (s. t. rea koonduvust ja summat säilitavat) menetlust. Samuti on M. Tõnnov vaadelnud koosinusrea asemel mistahes ortogonaalrida.

2. Summeerimismenetluste üldiste omaduste uurimisel osutuvad eriti kasulikuks funktsionaalanalüüsi meetodid. Nende rakendamiseks vaadeldakse antud menetluse summeerimisvälja (s.t. selle menetlusega summeeruvate jadade hulka) kui teatavat topoloogilist ruumi. Maatriksmenetluste mitmete üldiste omaduste uurimisel on oluline see, kas menetluse summeerimisväljas iga tõkestatud jada on või ei ole koonduvate jadade hulga puutepunkt. Koonduvust säilitavat menetlust, mille summeerimisväljas iga tõkestatud jada on koonduvate jadade hulga puutepunkt, nimetab E. Jürimäe  $\mathcal{O}$ -perfektseteks menetlusteks. Analoogiliselt defineeritakse absoluutselt  $\mathcal{O}$ -perfektsed menetlused. E. Jürimäe iseloomustab lähemalt  $\mathcal{O}$ -perfektsete ja absoluutselt  $\mathcal{O}$ -perfektsete maatriksmenetluste klasse ning uurib teisi maatriksmenetluste üldisi omadusi.

On teada, et koonduvate jadade ruumis defineeritud pideva lineaarse funktsionaali  $\varphi$  üldist kuju saab leida sel teel, et konstrueeritakse maatriksmenetlus, mis summeerib iga koonduvat jada  $x$  väärtuseks  $\varphi x$ . E. Reimers, püüdes analoogiliselt leida pideva lineaarse funktsionaali üldist kuju tõkestatud jadade ruumis, jõudis maatriksmenetlustest üldisemate summeerimismenetluste juurde, mida ta nimetab polümaatriksmenetlusteks. Viimased erinevad maatriksmenetlustest oluliselt selle poolest, et regulaarne polümaatriksmenetlus võib summeerida kõiki tõkestatud jadasid, regulaarne maatriksmenetlus aga mitte. Siinjuures õnnestus E. Reimersil näidata, et Riemanni integraali  $\int_0^1 f(x) dx$  saab vaadelda kui vastavalt funktsioonile  $f$  vältitud jada summeerimise tulemust teatava polümaatriksmenetlusega. Siit tuleneb

väga huvitav ja tähtis probleem: Kas integraalteooriat (eriti Lebesgue'i integraali teooriat) saab üles ehitada polümaatricsmenetluste baasil? Uurimused selles suunas jätkuvad.

3. Tauberi ja Merceri tüüpi teoreemid kujutavad ühte rakenduste poolest viljakamat ridade teooria osa, mille esimesed üldisemad tulemused on saadud küberneetika looja N. Wieneri poolt. Tauberi tüüpi teoreemide all mõistetakse teoreeme, kus antud jada  $\alpha$  summeeruvusest menetlusega  $A$  tehakse järeldus selle jada summeeruvuse kohta menetlusega  $B$ , mis ei sisalda menetlust  $A$ . Üldiselt peab siis jada  $\alpha$  rahuldama teatavat täiendavat tingimust, nn. Tauberi tingimust. Näiteks, kui mingit järku Cesàro menetlusega summeeruv jada  $\alpha = \{\alpha_n\}$  rahuldab tingimust  $\Delta\alpha_n = O\left(\frac{1}{n}\right)$ , siis jada  $\alpha$  koondub. T. Sõrmus on tuletanud mitmeid Tauberi tingimusi, mille puhul jada  $\alpha$  summeeruvusest menetlusega  $BA$  järeldub selle jada summeeruvus menetlusega  $B$ . Siinjuures on  $A$  ja  $B$  kindlat tüüpi menetlused. Tauberi tüüpi teoreeme, mille kehtivuseks pole vaja mingit Tauberi tingimust, nimetatakse Merceri tüüpi teoreemideks. Uusi tulemusi Merceri tüüpi teoreemide alal on T. Sõrmus saanud viimasel ajal seoses absoluutse summeeruvusega ühelt poolt ja funktsioonide summeeruvusega teiselt poolt. Viimasel juhul leitud tulemusi on kasutatud teatavate Volterra tüüpi integraalvõrrandite lahendamiseks.

Eespool vaadeldud kolmes suunas teostatud uurimustel on ka üks ühine eesmärk - uurida absoluutset summeeruvust mitmest aspektist, et paremini esile tõsta neid jooni, mille poolest absoluutne summeeruvus erineb harilikust summeeruvusest.

#### K i r j a n d u s .

1. Лумисте Ю., Таммэ Э., Математика в Советской Эстонии за последние двадцать лет. Уч.зап. Тартуск. ун-та, 1964, 150, 12-52.
2. Барон С., Юримяэ Э., Реймерс Э., Сырмус Т., К пятидесятилетию со дня рождения проф. Г. Кангро. Уч.зап. Тартуск. ун-та, 1964, 159, 3-11.

## SI-SÜSTEEM TEOREETILISES FÜÜSIKAS.

P. K a r d .

Tartu Riiklik Ülikool.

SI mõõtühikute süsteem erineb niinimetatud absoluutsest süsteemidest selle poolest, et lisaks kolmele tavalisele - pikkuse, aja ja massi - põhiühikule on selles süsteemis juurde võetud neljanda põhiühikuna voolutugevuse ühik - amper. Tänu sellele saavad makroskoopilise elektrodünaamika võrrandid tunduvalt lihtsama kuju. SI-süsteemi eeliseks on ka see, et temas ei esine murrulised dimensioonid, mis on "absoluutsete" süsteemide nuhtluseks elektrodünaamikas.

Ometi on SI-süsteemi otstarbekus ilmne vaid makroskoopilises elektrodünaamikas. Mikroskoopilises elektrodünaamikas ning üldse teoreetilises (fundamentaalses) füüsikas on olukord teistsugune. Mikroskoopilise elektromagnetilise välja põhivõrrandid omandavad SI-süsteemi otsesel rakendamisel kohmaka ning ebamugava kuju. Selle põhjuseks on järgmised asjaolud:

1. SI-süsteemis tehakse vahet väljatugevuste ( $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$ ) ja induksioonide ( $\vec{D}$ ,  $\vec{B}$ ) vahel. Niikaua kui vaakuumi vaadeldakse keskkonna erijuhuna, ei tekita see vahetegemine mingeid põhimõttelisi ega praktilisi raskusi. Nii see ongi makroskoopilises teoorias. Ent mikroteoorias on vaakuum ainus universaalne keskkond. Seetõttu on ka seosed väljatugevuste ja induksioonide vahel universaalsed:

$$\left. \begin{aligned} \vec{D} &= \epsilon_0 \vec{E}, \\ \vec{B} &= \mu_0 \vec{H}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

nii et suurused  $\vec{D}$  ja  $\vec{H}$  kaotavad  $\vec{E}$  ja  $\vec{B}$  kõrvaliseseisva tähenduse. Nad kuuluvad elimineerimisele, mis teebki põhivõrrandid kohmakaks ja ebamugavaks.

2. Teoreetilises füüsikas on keskne tähendus elektrodünaamilisel konstandil (valguse kiirus)  $c$ , mis on läbitavustega  $\epsilon_0$ ,  $\mu_0$  seotud tuntud valemi kaudu

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (2)$$

$c$  sissetoomiseks tuleb  $\epsilon_0$  või  $\mu_0$  elimineerida, mis omakorda teeb võrrandid üleliia keeruliseks.

3. Relatiivsusteoorias moodustavad elektri- ja magnetvälja komponendid koos üheainsa suuruse - väljatensori. On loomulik omistada selle suuruse kõigile komponentidele ühesugune dimensioon. Ent SI-süsteemis on elektri- ja magnetvektori dimensioonid erinevad.

Senises kirjanduses ei ole kahjuks seni midagi ette võetud nimetatud puuduste kõrvaldamiseks või leevendamiseks. Põhiliselt kasutatakse kaht varianti. Mõned autorid (vt., näiteks /1/) jäljendavad mikroteoorias täpselt makroteooria võrrandite kuju. Sellega saavutatakse väliselt samasugune lihtsus nagu makroteoorias, ent küllaltki ränka hinnaga: võrrandites esinevad väljavektorid dubleeritult (väljatugevused kõrvuti induksioonidega), milleks ei ole objektiivselt mingit alust. Samuti jääb sel juhul valguse kiirus  $c$  võrranditesse ilmsel kujul sisse toomata, mis pole kooskõlas selle suuruse esmajärgulise teoreetilise tähtsusega. Teised autorid (näiteks /2, 3/) elimineerivad üleliigsed väljavektorid ja toovad sisse ka  $c$ . Aga siis läheb täiesti kaotsi võrrandite esialgne lihtsus. Väljatensori komponentide dimensioonide erinevus on seejuures mõlema variandi ühiseks puuduseks.

Kõigist neist hädadest saame lahti, kui võtame mikrovälja kirjeldamiseks tarvitusele suurused, mis erinevad tavalistest väljavektoritest ainult teatavate kindlate kordajate poolest. Et need kordajad on universaalsed konstandid,

siis võime täie õigusega vaadelda neid uusi suurusi seniste väljavektoritega täiesti samaväärsetena. Võime neile säilitada ka väljatugevuste nime. Tarbekorral võiks täpsustatult nimetada neid elektromagnetilise välja mikrotugevusteks.

Tähistades mikrotugevusi väikeste tähtedega  $\vec{e}$ ,  $\vec{h}$ , defineerime nad järgmiselt:

$$\left. \begin{aligned} \vec{e} &= \epsilon_0 \vec{E}, \\ \vec{h} &= \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \vec{H} = c \epsilon_0 \vec{H} = \frac{1}{\mu_0 c} \vec{H}, \end{aligned} \right\} (3)$$

kus  $\vec{E}$  ja  $\vec{H}$  on tavalised mikroskoopilise välja tugevused. Võib kergesti veenduda, et Maxwelli-Lorentzi süsteem saab sel juhul järgmise lihtsa kuju:

$$\left. \begin{aligned} \text{rot } \vec{h} &= \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{e}}{\partial t} + \frac{\rho \vec{u}}{c}, \\ \text{div } \vec{e} &= \rho \end{aligned} \right\} (4)$$

ja

$$\left. \begin{aligned} \text{rot } \vec{e} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{h}}{\partial t}, \\ \text{div } \vec{h} &= 0. \end{aligned} \right\} (5)$$

Selle esituse heaks omaduseks on see, et ta ei sisalda  $\epsilon_0$  ega  $\mu_0$ , vaid ainult  $c$  (ja seegi on elimineeritav tavalise asenduse  $x_0 = ct$  abil). Vaatamata sellele, et põhivõrrandid (4) ja (5) on täpselt samasuguse kujuga nagu GGS-süsteemis, jääb ikkagi jõusse SI-süsteem, sest põhiühikud jäävad endiseks. Samuti jääb alles konstant  $\epsilon_0$ , ent ainult tungi valemis:

$$\vec{f} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \left( \vec{e} + \frac{\vec{u} \times \vec{h}}{c} \right). \quad (6)$$

Võrrandites (4) - (6) saavutatud lihtsus säilib loomulikult ka neljamõõtmelises relativistlikus kujus, kusjuures kõik väljatensori komponendid on ühe ja sama dimensiooniga:

$$[e] = [h] = \text{H s m}^{-2} \quad (7)$$

Lõpetuseks tuleks märkida järgmist. Et meie poolt defineeritud mikrotugevused  $\vec{e}$ ,  $\vec{h}$  on ekvivalentsed tavaliste väljatugevustega  $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$ , siis ei ole tingimata vajalik vaadelda neid uute suurustena, vaid samaväärselt võib neid vaadelda kui neidsamu endisi väljatugevusi, mille mõõtmiseks kasutame senistest erinevaid ühikuid. Mõlemad seisukohad on täiesti ekvivalentsed. Ei tule arvata, nagu tähendaks uute ühikute kasutusele võtmine kõrvalekaldumist SI-süsteemist. Selle süsteemi põhiolu seisab ju ainult põhiühikute valikus. Tuletatud ühikute valik jääb teatavates piirides meelevaldseks, sest, nagu nägime, on ühikute muutmine samaväärne mõõdetavate suuruste eneste muutmisega. Nii on võimalik, näiteks, SI-süsteemi raamides mõõta energiat mitte ainult džaulides, vaid - tänu massi ja energia ekvivalentsusele - ka kilogrammides. Sellega on täiesti analoogiline ka eespool kirjeldatud väljatugevuste teisendus.

#### K i r j a n d u s .

1. Матвеев, А.Н., Электродинамика и специальная теория относительности. "Высшая школа" 1964.
2. Пановский, В., Филипп, М., Классическая электродинамика, ГИИИЛ, 1963.
3. Новаку, В., Введение в электродинамику, ИИЛ, 1963.

ARVUTUSPROGRAMMIDE KOOSTAMISEKS KESKKOOLIS  
OMANDATUD KOGEMUSTEST.

M. K a u r i .  
Tartu Riiklik Ülikool.

Nüüd, millal meie - arvutusmatemaatik-programmeerija eriklassi õpilased - oleme seljataha jätnud kvalifikatsioonieksamid ja asunud oma töökohtadele, tuleks rääkida sellest, mis me keskkooli tootmispraktika jooksul omandasime kasulikku oma edasipidise töö jaoks ja mida me õpitust pole senise tööaja jooksul veel rakendanud.

Nii nagu teisteski tootmisõpetuse harudes, algas ka arvutusmatemaatik-programmeerija eriala õpetus 9. klassis. Esimesel kahel õppeaastal anti meile üldteadmisi programmeerimise alalt ja alles viimasel õppeaastal pandi peamine rõhk konkreetse programmeerimise oskuse omandamisele.

9. klassis õpetati meile ligikaudset arvutamist, 10. klassis lisandusid sellele programmeerimine ja 11. klassis veel elektrotehnika ja raadio - elektroonika. Viimaseid õppeaineid õpetati kumbagi pool õppeaastat, mil püüti anda mõningat ülevaadet elektronarvuteis tarvitatavaist lampidest ja mõningaist elektroonikaskeemidest. Mainitud teadmisi aga ei ole meil praktilises töös vaja olnud ja paratamatult on elektrotehnika ja elektroonika alal õpitust palju ununenud. Seevastu ei tule kahelda selles, et saadud teadmised ligikaudses arvutamises, eriti viimasel klassis omandatud algebraliste võrrandite lahendamise meetodid, lahendite täpsustamine, kõrgemat järku interpolatsioon ja integraalide ligikaudne arvutamine ei laiendanud üksi meie silmaringi, vaid on ka

vajalikud meie tegelikus töös. Kuid tuleks kohe mainida, et selles osas meie endised õpetajad praktilise töö käigus meid kuigi palju ei usalda, selletõttu pole siiani need omandatud teadmised rakendamist leidnud. Sama tuleb öelda ka laiendatud matemaatika kursuse kohta, kus lisaks keskkooli materjalile õpetati ka analüütilist geomeetriat ja matemaatilist analüüsi. Siiani oleme kirjutanud üsna lihtsaid programmilõike, mis nõuavad ainult arvuti käskude süsteemi tundmist. Näiteks oleme koostanud programme spetsiaalaritmeetika kohta, informatsiooni viimiseks välismällu, arvude järjestamise programme jms.

Sellega oleme asetanud kohale märgid pluss ja miinus, kuid tuleb kõnelda ka sellest, mis õpitust tundub olevat väheseks jäänud. Mõnes suhtes jäi väheseks tsükli programmeerimise osa. Nii õpetati meile iteratsioonitsükli kasutamist ainult ühe muutuja korral, kuid oleks võinud programmi võtta ka tsükli mitme muutujaga.

Tihti peale tuleb programmeerida täisarvudega, seetõttu oleks tulnud keskkoolis mainitule rohkem tähelepanu osutada. Esimese poole tööaasta kogemuste järgi tundub, et oleks võinud vähem käsitleda teoreetilist osa, operaatoreid ja operaatorskeeme, modifitseeriva programmi käsitlemist, ja selle arvel võtta rohkem näiteks informatsiooni vahetamist sisemälu ja välismälu vahel.

Väga hea ülevaate saime "Ural-1" käskude süsteemist, mis põhiliselt ei erine "Ural-4" omaast, positsioonilistest arvusüsteemidest ja loogilise skaala kasutamisest. Praktiliste teadmiste omandamise suhtes olid kõige vajalikumad ja huvitavamad need tunnid, mis viidi läbi TRÜ arvutuskeskuses. Seal õppisime käsitsema masina juhtimispuhli, mis meile kui operaatoritele on peamine.

Lõpuks ei tohi märkimata jätta üht asjaolu, mille poolt meil, matemaatika eriala õppijatel, oli eeliseid teiste tootmisala õppijate ees - meie õpetajaiks olid TRÜ arvutuskeskuse töötajad, kelle põhitööks on arvutusmasinate eksploateerimine.

PROGRAMMEERIJATE ETTEVALMISTAMISEST  
TARTU I KESKKOOLIS.

M. K r u l l.  
Tartu Riiklik Ülikool.

Arvutustehnika laialdane levik on tekitanud vajaduse vastava ettevalmistusega töötajate järele. Peamist puudust tuntakse just programmide koostajatest. Kuna programmide koostamine on küllaltki mehhaanilist laadi töö, siis otsustati programmeerijaid ette valmistada keskkoolides. Nii loodi 1961. a. Tartu I Keskkoolis spetsiaalne klass, kus tootmisõpetuse raamides hakati tutvustama programmeerimist ja sellega seotud distsipliine. Peale kolmeaastast õppimist (9., 10. ja 11. klass) omandavad õpilased programmeerija elukutse. 1964. a. andis Tartu I Keskkool oma 32-le lõpetajale kätte sellised kvalifikatsioonitunnistused.

Õppebaasiks programmeerijate ettevalmistamisel Tartu I Keskkoolis on TRÜ arvutuskeskus. Teoreetilist materjali õpetavad ja praktikat viivad läbi TRÜ arvutuskeskuse töötajad.

Õppeprogramm, mis koostati kohapeal, hõlmab järgnevaid aineid:

- 1) ligikaudne arvutamine ja ülevaade mõningatest enamasutatavatest arvutusmeetoditest,
- 2) elektrotehnika ja raadioelektronika,
- 3) programmeerimine.

Peale selle on laiendatud keskkooli üldist matemaatika programmi. Nii näiteks tutvustatakse analüütilist geomeetriat, diferentsiaal- ja integraalarvutust ja mõningaid kõrgema algebra elemente.

Õppeainetes on põhiline koht programmeerimisel. Kursus on üles ehitatud tuginedes konkreetsele arvutile ("Ural-1"). Kursuses antakse elektronarvuti töötamise ja temale programmeerimise koostamise üldised alused. Õpitakse põhjalikult tundma arvuti "Ural-1" käskude süsteemi ja elektronarvutusmasinatega seotud arvustusüsteeme.

Oluline koht õppeprotsessis on praktiline. Viimane on tihedalt seotud teoreetilise materjaliga. Esmalt õpitakse arvutama käsivarvutusmasinal (koolil on seitseteist BK-1 tüüpi aritmomeetrit). Arvutusoskust harjutatakse õpitud ligikaudsete arvutusmeetodite rakendamisel.

Elektronarvuti kasutamiseks vajaliku praktika saamiseks on iga õpilane kohustatud koostama ühe ülesande arvutusprogrammi (tööde temaatika valitakse TRÜ arvutuskeskuse töötajate poolt), selle siluma ja demonstreerima (oma programmi abil) masina käsitsemise oskust. Praktika töö eest saadud hinne on üheks olulisemaks komponendiks kvalifikatsiooni määramisel. Teise faktorina arvestatakse kvalifikatsioonieksamihinnet. Nende kahe ja üldise töösse suhtumise alusel omistatakse lõpetajale programmeerija esimene, teine või kolmas kategooria.

**PISTIKPLAATIDE KASUTAMISEST KESEKKOOLI  
MATEMAATIKATUNDIDES.**

H. K u l l.

M. Härma nim. Tartu Linna 2. Keskkool.

Õpetamist ja õppimist tuleb tänapäeval vaadelda teineteisega tihedas seoses. Teaduse ja tehnika ülikiire areng nõuab maksimaalse teadmiste hulga omandamist minimaalse ajaga. Seepärast on vaja, et õpetamine tänapäevakoolis toimuks nii, et see ise kutsuks esile ka õppimisprotsessi. Sellepärast seatakse õpetamisele nõuded: õpetamine olgu mitmekülgne, õpilastele huvitav, efektiivne, õpilasi mõtlemapanev.

Õppetunnis on saavutanud tavaliste piltide ja tabelite kõrval juba oma koha dia- ja kitsasfilmid, grammofon, magnetofon, raadio. Teed rajavad õppetundi alles mitmesugused uued mehhaanilised õppevahendid ehk "õpetavad masinad", nagu küsimuste-vastuste kastid, elektri abil töötavad teadmiste kontrollimisseadmed ja ka pistikplaadid. Viimati nimetatud on konstruktsioonilt kõige lihtsamad ja oma hinnalt kõigile kättesaadavad. Vabariigis on teatavasti juba rida koole, kus neid kasutatakse mitmete õppeainete tundides.

On veel liiga vara rääkida pistikplaatidega läbiviidud tundide efektiivsusest, sest see on alles katsetamisjärgus. Otsekohe märkame siin kaht teineteisele printsipiaalselt vastukäivat poolt:

1) pistikplaatide abil õpetamine kutsub iseenesest esile õppimisprotsessi, sunnib õpilasi iseseisvalt mõtlema, näitab õpilasele kätte tema puudujäägid teadmistes;

2) pistikplaatide abil on äärmiselt kerge vastata n.-õ. "juhuse peale" ja saada ka nii rahuldav hinne; pistikplaatide kasutamise juures on õpilastel eriti lihtne "spikerda-da".

Matemaatika tundides on pistikplaatide rakendamisvõimalused küllalt laiad. Pole mõeldav, et pistikplaat saaks õppevahendiks, millega teostatakse kõik ühe või teise aine või ainelõigu tunnid. See peab keskkoolis ikkagi jääma vaid üheks tunni efektiivsuse tõstmise vahendiks teiste kõrval.

Huvi pistikplaadi vastu on õpilastel suur. Esiolgu on see kuidugi tingitud selle kui õppevahendi uudsusest, kuid mitte ainult sellest. Õpilased on alati esmajoones huvitatud sellest, kuidas nende kontrolltöö õnnestus, kui palju nad oskasid. See, et pistikplaat siin igapäevase kohe vastuse annab, ongi põhjuseks, miks pistikplaat õpilaste seas püsi-va lugupidamise peaks võitma.

Pistikplaati saab kahtlemata kasutada laias vanuseastmes, kindlasti juba 5. klassist alates. Miina Härma nimelises Tartu II Keskkoolis on seda käesoleval õppeaastal kasutatud matemaatikas 5., 9. ja 10. klassis ja keemias 8. klassis.

Pistikplaati võib kasutada tunnis 1) teadmiste kontrolli teostamiseks, 2) teatud ainelõigu harjutamiseks, 3) tööks õpikuga, 4) iseseisvaks analüüsiks jne.

1. Teadmiste kontrolli teostamine toimub põhiliselt valikvastustega testi näol. Oluline on siin vastuste valik testi-de koostamisel. Testi kasutamine on tõhus siis, kui a) vastuste andmisel on arvestatud õpilaste poolt sagedamini tehtavaid vigu; b) vastused on antud nii, et õige väljavalimisel tuleb õpilasel tööpoolest mõelda ja kaaluda; c) vastuste valimisel tuleb a l a t i valida k õ i g i võimaluste vahel. Näit. täisnurkse kolmnurga kaatetit ja hüpotenuusi kasutades laian antud kaatetile vastasnurga kas 1) tangensi, 2) koosinuse, 3) siinuse, 4) kootangensi või 5) Pythagorase lause abil.

2. Teatud ainelõigu harjutamiseks sobib samuti valik-

vastustega testi kuju. Matemaatikas võib siin anda ka rida lühemaid ülesandeid kursuse mingist osast ja neile anda paar kolm vastust valikuks, kusjuures vastused ei tohi sel juhul üksteisest erineda liiga palju (et vältida juhuslikkust vastamisel). Näit. arvutada kolmnurga väiksema nurga vastaskülge, kui kolmnurga nurgad on  $32^{\circ}20'$  ja  $58^{\circ}15'$  ja suurema nurga vastaskülge on 43,5 sm.

Vastus: 24,8 (3) 26,5 (4) 27,4 (5).

(Õige vastus on 27,4)

3. Keskkoolis kipub üldiselt õpilastel nõrgaks jääma iseseisev töö õpikuga, seda eriti matemaatikas. Ka siin on võimalik vastavaid harjumusi kasvatada pistikplaatide abil. Sel juhul antakse küsimused raskemad, nii et nendele vastamiseks tuleb abi otsida õpikult. Pistikplaat võib siis kinnitada, kas vastus või vajalik põhjendus leiti õpiku õigelt leheküljelt või mitte.

4. Pistikplaati saab aga õppetunnis kasutada ka iseseisvaks analüüsimiseks ja järelduste tegemiseks, kasutades seda sel juhul paralleelselt töövihikuga. Näit.: Otsustada, millistel alljärgnevatel juhtudel saab kolmnurga puuduvate elementide arvutamiseks kasutada siinusteoreemi. Antud

1)  $a, b, \alpha$ , 2)  $a, b, \beta$ , 3)  $\alpha, \beta, c$  jne. Pistikplaadi abil leitakse vastus kas "ei" või "jah" ja kantakse vastavasse tabelisse, millest hiljem tehakse iseseisvalt kokkuvõtte siinuslause kasutamisevõimaluste kohta üldse.

Kahtlemata pole siin toodud näidetega ammendatud kõik võimalused pistikplaadi rakendamisel. Võib isegi öelda vastupidi - pole võimalik leida matemaatikas peatükki, mille õpetamisel pistikplaati kasutada ei saa. Esialgu on aga pistikplaadi kasutamisega seotud veel küllalt palju tööd - testide või tööjuhendite koostamine ja, enam veel, nende paljundamine kõigi õpilaste jaoks. Kuid pole ju kunagi õpetajad kokkunud niisuguste raskuste ees, mille ületamise taga on näha õpilaste tõusvat huvi õppetöö vastu ja paremaid töösaavutusi.

Õppetöös kasutusele võetud pistikplaadid on esimeseks sammuks õpetavate masinate kasutamisel keskkoolis.

## MATEMAATIKAALASEID PROBLEEME SEoses ÕPPEPROTSESSI OPTIMISEERIMISEGA.

I. K u l l .

Tartu Riiklik Ülikool.

Teaduse ja tehnika kiire arengu tõttu on õppeprotsessi efektiivsuse suurendamine muutunud tänapäeval eriti aktuaalseks ülesandeks. Õppeprotsessi tõhustamisel on võimalik kasutada ja kasutatakse väga mitmesuguseid teid: rakendatakse laialdasemalt tehnilisi vahendeid, kasutatakse uusi meetodeid (programmeeritud õpetamine, õppimine magades), tugineetakse teadlikumalt küberneetilistele seaduspärasustele jne.

Õppeprotsessi tõhustamisel on üheks suhteliselt vähe kasutatud võimaluseks selle uurimine matemaatiliste meetoditega (matemaatiline modelleerimine). Õppeprotsessi on võimalik modelleerida mitmesugusel tasemel, näiteks ajutegevuse füsioloogia, stiimuli-reaktsiooni või õppeaine palade (definitsioonid, teoreemid, grammatikareeglid jne.) õpetamise ja omandamise tasemel.

Õppeprotsessi matemaatilisel modelleerimisel on seni nähtavasti kõige rohkem kasutatud statistilisi ja tõenäosusteoreetilisi meetodeid (vt. /1/), kuid sel eesmärgil on võimalik ja vajalik kasutada ka teisi matemaatilisi teooriaid ja meetodeid nagu matemaatilist loogikat, algoritmide ja automaatide teooriat, planeerimise matemaatilisi meetodeid jne.

Käesolevas ettekandes esitame mõningaid näiteid õppeprotsessi matemaatilisest uurimisest, kus on eesmärgiks selle protsessi mõne olulise parameetri optimeerimine. Näidetes toodud andmed ja vahekorrad vastavad tegelikkusele ainult

esimeses lähenduses. Neid tuleb täpsustada psühholoogilis-pedagoogilise eksperimendiga.

1. Õppematerjali esitamise optimaalse kiiruse leidmine. Tähistame õppematerjali esitamise kiiruse  $v$  abil,  $v_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) abil aga õpilaste vastuvõtuvõime. Õppeaine tegeliku omandamise tase  $t_i$  olgu suurustega  $v$  ja  $v_i$  seotud järgmiselt:

$$t_i = \begin{cases} v & , \text{ kui } v \leq v_i , \\ 2v_i - v & , \text{ kui } v_i \leq v \leq 2v_i , \\ 0 & , \text{ kui } 2v_i \leq v . \end{cases} \quad (1)$$

Ülesanne seisneb õppematerjali esitamise niisuguse kiiruse  $v$  leidmises, mille puhul õppeaine omandamise summaarne tase  $\sum_i t_i$  oleks maksimaalne.

Esitatud ülesande illustreerimiseks toome näite. Olgu andmed klassi koosseisu kohta järgmised:

Õpilaste vastuvõtuvõime  $v_i$

Vastavate õpilaste arv

3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	5	6	7	7	6	4	2	1

Et suuruse  $\sum_i t_i$  maksimum esineb antud eeldustel mingi  $v_i$  korral, siis taandub ülesande lahendamine  $\sum_i t_i$  arvutamisele  $v = v_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) puhul. Antud näites tuleb õppematerjali esitamise optimaalseks kiiruseks  $v = 7$ .

Esitatud ülesannet on võimalik modifitseerida, muutes näiteks funktsiooni (1), maksimiseeritavat avaldist  $\sum_i t_i$  või lubades õpilaste jaotamist väiksemateks õpperühmadeks.

2. Paljudes õppeainetes antakse vajalikkude konstruktsioonide teostamiseks enam või vähem kindlakujulised eeskirjad ehk algoritmid. Nimetame näiteks algoritme aritmeetiliste tehete teostamiseks, käänamise ja pööramise algoritme, lausetüüpide kindlaksmääramise algoritme jne. Õppetöö käigus esitatavad algoritmid tuleb ilmselt anda kõige ökonoomsemal kujul.

Esitame siin ühe näite tüüpide kindlakstegemise algoritmi optimiseerimise kohta /3, 4/.

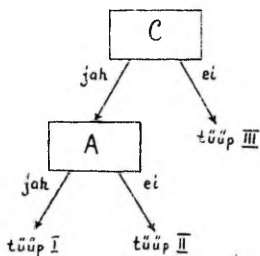
Olgu mingisuguste objektide tüüpide kindlaksmääramiseks kolm tunnust A, B ja C. Tunnused võivad objektidel esineda või mitte esineda. Viimasel juhul kirjutame tunnused eitusmärgiga:  $\bar{A}$ ,  $\bar{B}$  ja  $\bar{C}$ . Sümboliga V tähistame disjunktssiooni (sidesõna "või").

Olgu objektide tüübid järgmised:

juhul ABC on tegemist tüübiga I,  
 juhul  $\bar{A}BC$  V  $\bar{A}\bar{B}C$  on tegemist tüübiga II,  
 juhul  $A\bar{B}\bar{C}$  V  $A\bar{B}C$  V  $A\bar{B}\bar{C}$  on tegemist tüübiga III.

Kombinatsioonid  $\bar{A}\bar{B}C$  ja  $\bar{A}B\bar{C}$  antud objektide puhul ei esine.

Kasutades mitte kõikjal defineeritud kahendmuutuva funktsiooni laiendamise meetodikat (/5/, lk. 62-67) saab esitatud loogilisi valemeid lihtsustada. Need on pärast lihtsustamist järgmised: AC (tüüp I),  $\bar{A}C$  (tüüp II) ja  $\bar{C}$  (tüüp III). Lihtsustatud valemitest nähtub muide, et tunnus B pole tüüpide kindlakstegemisel üldse vajalik. Optimaalse algoritmi koostamisel tuleb otstarbekohaselt valida ka tunnuste kontrollimise järjekord. Antud juhul tuleb optimaalne algoritm

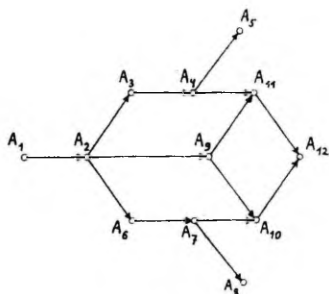


Joon. 1.

järgmine (vt. joon. 1). Esitatud ülesannet on võimalik mitmel viisil üldistada, võttes arvesse üksikkombinatsioonide esinemise tõenäosused, tunnuste kontrollimise keerukuse jne.

3. Aineosade optimaalse järjekorra määramine. Missuguses järjekorras on kõige kasulik

käsitlemisele kuuluvaid aineosi (palasid) esitada - seda on sageli raske öelda. Õppejõud ja lektorid lahendavad selle küsimuse kogemuste põhjal ilma erilise analüüsita. Kuid ka siin on võimalik kasutada matemaatilisi meetodeid. Kõigepealt on vaja koostada palade sõltuvuse graaf-skeem. Joonisel 2 toome näitana ühe graaf-skeemi.



Joon. 2.

Noolte pikkus joonisel 2 pole oluline. Kahe pala, näiteks  $A_2$  ja  $A_9$  vaheline nool näitab ainult seda, et enne pala  $A_9$  käsitlemist peab olema käsitletud pala  $A_2$  (mitte tingimata vahetult eelneva palana). Pala  $A_{10}$  juurde suunduvad kaks noolt tähistavad seda, et

enne selle pala käsitlemist peavad olema käsitletud palad  $A_7$  ja  $A_9$ .

Ülaltoodud kitsendused ei võimalda muidugi palade käsitlemise järjekorda üheselt määrata. Nii on palasid võimalik käsitleda näiteks järjekorras

$$A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12} \quad (2)$$

või järjekorras

$$A_1, A_2, A_9, A_6, A_7, A_8, A_{10}, A_3, A_4, A_5, A_{11}, A_{12} \quad (3)$$

jne.

Küsimusele, missugune neist järjekordadest on parem, pole võimalik vastata enne optimaalsuse kriteeriumi selgitamist. Need saab leida muidugi ainult psühholoogilis-pedagoogilise eksperimendi abil. A priori võiks optimaalsuse kriteeriumiks võtta tagasipöördumiste arvu või tagasipöördumiste suuruste kogusumma minimaalsuse. Tagasipöördumiste suurused on märgitud järjekordades (2) ja (3) sulgudes. Esimese kriteeriumi põhjal on järjekord (2) järjekorrast (3) parem, teise kriteeriumi järgi on aga olukord vastupidine.

Tähendame, et esitatud ülesannet on põhimõtteliselt võimalik lahendada dünaamilise planeerimise meetodi abil, kuid ülesande lahendamine sel viisil on äärmiselt töömahukas.

4. Õppeprotsessi efektiivsuse suurendamisel on otstarbekohane analüüsida seda protsessi ka semiootilisest seisukohast /2/.

Lähtudes õpetatavast aineist ja õpetamise eesmärgist on võimalik määrata objektid, mille konstrueerimist on vaja õpetada. Õpetatava aine objektid kujutavad endast semiootilisest seisukohast nn. objektkeele sõnu. Objektkeele ülesehituseks on aga vaja kasutada mingisugust teist informatsiooni edasiandmise süsteemi, nn. metakeelt. Õppeprotsessi optimeerimisel on oluline leida muuhulgas ka optimaalne vahekord objektkeele ja metakeele vahel, samuti õpetatava aine süntaktilise ja semantilise käsitluse vahel.

Semiootiline lähtekoht annab üldise aluse mistahes aine õpetamise käsitlemiseks, olenemata õpetamise meetoditest. Ettekandja arvates on see lähtekoht eriti oluline programmeeritud õpetamise puhul. Peale selle annab semiootiline lähenemine hea aluse ka õppeprotsessi matemaatilise-loogiliseks modelleerimiseks.

#### K i r j a n d u s .

1. Буш, Р., Мостеллер, Ф., Стохастические модели обучаемости, Москва 1962.
2. Куль, И., Анализ способов обучения с точки зрения семиотика. Программа и тезисы докладов в летней школе по вторичным моделирующим системам, Тарту 1964, 33-34.
3. Ланда, Л.Н., Обучение учащихся методам рационального мышления и проблема алгоритмов. "Вопросы психологии" 1961, nr. 1, 103-118.
4. Ланда, Л.Н., Опыт применения математической логики и теории информации к некоторым проблемам обучения. "Вопросы психологии", 1962, nr.2, 19-40.
5. Kull, I., Matemaatiline loogika, Tallinn 1964.

## ÕPPEDIAFILM EMAKEELE TUNNIS.

G. L a u g a s t e ,  
Tartu Riiklik Ülikool.

Iga aine metoodika, töövõtete ja õppevahendite valik lähtub selle spetsiifikast. Emakeele grammatika on abstraktsiooni tulemus: esmasena tunneme keelt ennast, selle põhjal abstraherime grammatika reeglid ja seaduspärasused keeles. Nende seaduspärasuste tunnetamiseks õpilase poolt on vajalik õppematerjali hea struktureering, suhete konkreetsetamine ja aine mõõdukas doseerimine loogilises järjestuses. Ainult sel korral arendab grammatika iseseisvat mõtlemist ja baseerub sellel.

Kõiki neid nõudeid emakeele õpetus koolis igati ei täida. Õppeainena on grammatika igav, kui ei ole piisavalt tunnetuslikku aktiivsust stimuleerivaid vahendeid. Õpikute kohatine paljusõnalisus ja lünklikkus raskendab iseseisvat aine omandamist. Pearõhk on asetatud harjutustele, millest õpilased suure osa täidavad mehhaaniliselt, keelevaištule toetusel, õpitavaid reegleid tundmata ja arvestamata.

Et õpetus kulgeks lünkadeta, selleks on vajalik resultaatide selgitamine, mõlemapoolne tagasiside. Ajanappuses jääb aga kontroll pealiskaudseks, juhuslikuks, millest omakorda kujuneb ebakindlate teadmiste põhjus.

Keele grammatika kui abstraktne aine vajab näitlikustamist. Selleks kasutatakse peamiselt tabeleid ja skeeme, kas trükitult või käsitahvlil, ja klassitahvlit. Viimane raiskab liigselt aega; tabelmaterjal ei täida kunagi täielikult dünamiilise ehituse nõuet, olgu see ka mõneti kohal monteeritav, täiendav.

Nendes tingimustes tekkis mõte kasutada diafilmi õppevahendina nii klassis, kollektiivses töös kui ka kordamise ja süvendamise otstarbel individuaalselt. LETI diaprojektor on peaaegu igas koolis; individuaalselt saab töötada iga filmoskoobiga.

Diafilmi kasutamine klassis võimaldab arvestada paljusid didaktika põhinõudeid, millest kõige olulisemad on

- 1) aine liigendatus, loogiline järjestus,
- 2) dünaamiline esitusviis,
- 3) kohene kahepoolne tagasiside.

Filmikaadri piiratud maht sunnib ainet otstarbekalt doseerima, valima olulist, vältima üleaarust. Ainesituse dünaamilisuse nõude kohaselt annab iga järgnev kaader uut informatsiooni lülihaaval, lisab uusi elemente ja tunnuseid piiratud, ei võimalda tähelepanu hajumist. Kaadrid diafilmis sisaldavad

- 1) uut informatsiooni (reeglid, definitsioonid, tunnuste loetelu jne.),
- 2) küsimusi, ülesandeid, tööjuhendeid,
- 3) vastuseid enesekontrolliks,
- 4) näitlikustavat kujutust, skeeme,
- 5) kinnistavat ja süsteemivat kordamist.

Oma eksponeerimisviisi tõttu stimuleerib diafilm õpilaste huvi ja tunnetuslikku aktiivsust.

Vastuskaardid iga küsimuse ja ülesande järel võimaldavad õpilasele kohest enesekontrolli, ka kirjalike ülesannete puhul.

Õpetajapoolne tagasiside on hõlpsasti organiseeritav arvukoodi vahendusel. Selleks on vaja klassi suurusele vastavalt läbipaistmatuid vastuskaarte numbritega 1-4 või 1-6 (vt. joonis). Vastuseid antakse numbri ülestõstmisega osalt valikuliselt, küsimustele mitu? ja mitmes? (näit. mitu silpi, mitu koma; missugune välde, mitmes sõna reas kuulub number-tüüpi jne.). Komplitseeritumat küsitlemist võimaldab kood, näit.: 1 = alus, 2 = sihitis. O-vastuse ("ei ole") annab kaardi tagakülg. Ülevaatlikkust klassis suurendab iga

numbri jaoks eri värvi kasutamine.

Diafilmi rakendamist saab siduda paljude töövormidega, õpikuga, klassitahvliga, perfoplaatidega, samuti ka õpilaste kirjalike ülesannetega.

1	2	3
4	5	9

Õpetav diafilm arvestab programmeeritud õpetuse põhimõtteid, on seejuures kiiresti valmistatav, odav, säästab aega ja paberit, on hõlpsasti käsitsetav, tihendab tööd, konkreetsustab grammatika õpetamist.

TRÜ fotokabinetis valmistatud katsefilme on rakendatud mitmes koolis positiivsete tulemustega.

## MÕNINGATEST PLASTILISUSETEORIA RAKENDUSTEST.

Ü. L e p i k .

Tartu Riiklik Ülikool.

Ettekande eesmärgiks on tutvustada plastilisuseteeoria ülesandeid, eesmärke ja sel alal TRÜ-s tehtavat uurimistööd populaarses vormis. Et piiratud aja tõttu pole üksikasjalikum ülevaade mõeldav, on peatähelepanu pööratud kolmele konkreetsele plaatide ning koorikute teooria probleemile: 1) plaatide ja koorikute kandevõime, 2) suured läbipainded, 3) plaatide ja koorikute stabiilsus ning pärast kriitilise staadiumi analüüs.

Kandevõime osas tutvustatakse probleemi olemust ning kaasaegseid lahendusmeetodeid (tükati lineaarsed plastilisusetingimused, assotsieeritud voolamisseedus, lahendi ülem- või alamtõkke määramine piirteoreemide abil).

Plaatide suurte läbipainete käsitlemisel esitatakse Kármáni võrrandid elastse plaani jaoks ning vaadeldakse nende üldistamist plastiliste deformatsioonide juhule. Saadud võrrandid soovitatakse integreerida elastsete lahendite meetodil.

Plaatide ja koorikute stabiilsuseteeorias analüüsitakse kõigepealt kahte stabiilsuse kontseptsiooni (Kármán-Iljušini ja Shanley kontseptsioonid). Edasi vaadeldakse elastsete plaatide ja koorikute tasakaalu pärast kriitilises staadiumis, peatudes eriti alumise kriitilise koormuse määramise juures. Vaadeldakse pärast kriitilise staadiumi analüüsi võimalusi plastiliste deformatsioonide piirkonnas.

## FÜÜSIKALISED PROTSESSID IOONKRISTALLIDES.

Ts. Luštšik, H. Käambre.  
ENSV TA Füüsika ja Astronoomia Instituut.

1. ENSV Teaduste Akadeemia Füüsika ja Astronoomia Instituudis (FAI) käivad viimase aastakümne jooksul eksperimentaalsed uurimised, mille sihiks on nende füüsikaliste protsesside mikromehhanismi väljaselgitamine, mis ühes tahkete kehade tähtsas klassis - ioonkristallides - kutsuvad esile luminesentsi, fotojuhtivust, fotoelektroonset emissiooni, kiiritusdefektide tekkimist ja teisi nähtusi. Ettekande eesmärgiks on tutvustada lühidalt ja populaarselt nende uurimuste põhilisi tulemusi tänapäeva tahke keha füüsika ees seisvate üldprobleemide seisukohalt.

2. Tähtsamad füüsikalised nähtused ioonkristallides tekitavad kristalli mitmesuguste elektronergutuste ("kvaasielementaarosakeste") interaktsioonil kristallvõre struktuuridefektidega. Selliste interaktsioonide füüsikaliste avaldusvormide mitmekesisus on suuresti tingitud sellest, et kristallides esineb väga mitmesugust tüüpi struktuuridefekte ja väliste faktorite toimel kristallile võivad temas tekkida mitut sorti elementaarergutused.

3. "Punktitaoliste" struktuuridefektide tähtsamaiks tüüpideks ioonkristallides on vakantsed negatiivsete või positiivsete ioonide sõlmed võres või nende kvaasikeemilised asotsiatsioonid, aga samuti mitmesugused lisandioonid, sealhulgas ka helendavad ioonid ("luminesentsitsentrid"). Peale selle on reaalses kristallides nn. "joondefektid", mis määravad kristallide mehhaanilise tugevuse jt. omadusi.

4. Ioonkristallide elektronergutused jagunevad lokaliseeritud ja liikuvaks ergutusteks. Liikuvad ergutused võivad omakorda olla kas voolu kandvad (elektronid ja augud) või voolutud, neutraalsed (eksitonid). Elementaarergutustele on iseloomulikud mitmesugused vastastikused muundumised kas vahetult või interaktsioonil defektidega.

5. Et uurida elektronergutusi ja nende osa füüsikalistes nähtustes, on Füüsika ja Astronoomia Instituudis välja töötatud meetodikad objektide selektiivseks mõjutamiseks monokromeatsete valgusvoogudega või monokineetiliste elektronide kimpudega. Seejuures on vajalik katta raskesti saavutatav ja väheuuritud footonite ja elektronide energia piirkond 5 - 1000 elektronvoldini. Nimelt selles piirkonnas on võimalik mitmesuguste elektronergutuste selektiivne genereerimine tüüpilistes ioonkristallides.

6. Mitmesuguste elektronergutuste interaktsioonil luminesentsentsentritega tekib kristalli helendus. Seda nähtust kasutatakse tuumakiirguste detektorites, luminesentslampides, spektaaltransformaatorites, mitmesuguste aparatuuride hendlavates ekraanides jne. Erilist teoreetilist ja praktilist huvi pakub 1963. a. FAI-s avastatud footonite paljundamise nähtus spektri optilises piirkonnas. Nähtus seisneb ühe kristallile langeva suure energiaga footoni muundumises kaheks, kolmeks või enamaks kristallist kiirguvaks väiksema energiaga footoniks. Footonite paljundamine on kristallis toimuva elektronergutuste (kvaasiosakeste) paljunemise väliseks avalduseks.

7. Mitmesuguste voolu kandvate elektronergutuste tekitamine kristallis viib ilmselt kristalli elektrijuhtivuse suurenemisele ning teatud tingimustel elektronide emiteerumisele kristalli pinnalt (näit. sisemine ja välimine fotoefekt). Elektrilised nähtused võivad aga ilmuda ka keerulisemal teel: neutraalsete ergutuste - eksitonide interaktsioonil kristalli punktdefektidega ning samuti luminesentsentsentrite ergutamisel ja järgneval ionisatsioonil. Ioonkris-

tallide elektroonset juhtivust ja elektronemissiooni iseloomustab teatud omapära pooljuhtidega võrreldes. Elektroonse juhtivuse ja emissiooni nähtusedioonkristallides on suurte praktiliste perspektiividega praegu tekkiva dielektrilise elektroonika elementide kasutamiseks.

8. Elektronergutuste interaktsioon kristallvõre defektidega viib ühtlasi defektide arvu tunduvalt suurenemisele (kiiritusdefektide tekitamine). Eriti järsult väljendub see nähtus kristallide kiiritamisel tuumareaktori püst- ja röntkanalites. Ta on vaadeldav aga ka palju lihtsamate tingimuste juures - kristalli mõjutamisel mitmesuguse energiaga footonitega. Muutes footonite energiat, saab selektiivselt tekitada üht või teist tüüpi võredefekte. Analoogilised selektiivsed nähtused võivad footonite mõjul tekkida ka bioloogilistes objektides. See avab perspektiivid optilisel teel juhitavate mutatsioonide saamiseks organismides.

9. Fotofüüsikaliste nähtuste tekkemehhanismide mitmekesisusioonkristallides on seotud sellega, et eksisteerib mitu stabiilsete elektronergutuste tüüpi. Peale nende onioonkristallides vaadeldav suur hulk mittestabiilseid elektronergutusi, mis veel enne interaktsiooni võre struktuuridefektidega muunduvad väga lühikese aja jooksul stabiilseteks ergutusteks. Nähtus on mõneti analoogiline sellega, mis toimub osakeste-resonantsidega elementaarosakeste füüsikas. Selle huvitava nähtuse olemasolu muudab füüsikalised protsessidioonkristallides tunduvalt lihtsamateks.

10. Esiialgu onioonkristallide elementaarergutuste loomust ja nende interaktsiooni võredefektidega uuritud vaid kõige jämedamas lähenduses. Edasiste uurimistööde eesmärgiks on nende nähtuste detailne uurimine, mille tulemused peaksid võimaldama elektronprotsesside teadlikku juhtimist neis lihtsamais tahkeis kehades ning ühtlasi nende nähtuste teadlikku kasutamist kõige mitmekesisemates kristalliseadmetes.

## SÜMMEETRILISE MIKROKOSMOSE MATEMAATILISED PROBLEEMID.

J. L õ h m u s .

ENSV TA Füüsika ja Astronoomia Instituut.

Käesolevaks ajaks on eksperimentaalselt registreeritud 7 püsivat, 26 metastabiilset (eluiga  $10^{-6}$  -  $10^{-10}$  sec) ja umbes 200 ebastabiilset (eluiga alla  $10^{-21}$  sec) mikroosakest. Nad kõik on omavahelises vastastikusel mõjustuses ja nende omadused on seetõttu kollektiivse päritoluga. Füüsikud eristavad momendil nelja erineva tugevusega vastasmõju ehk interaktsiooni.

Tugevaim on aatomituuma osakesi siduv interaktsioon, mille edasikandjaks on nukleonidest tunduvalt kergemad mesonid. Kõrge energiaga nukleonide ja mesonite põrgetel kosmilistes kiirtes või katsetes kiirendajatel tekib aga hulgaliselt uusi tugevalt vastasmõjustuvaid metastabiilseid ja ebastabiilseid osakesi.

Tugevuse poolest teisel kohal on elektromagnetiline interaktsioon. Erinevalt tugevast interaktsioonist, mis ei välju mikromaailma piirkonnast, seob elektromagnetiline vastasmõju üsna tugevalt üksteisest küllalt kaugel asuvaid objekte. Elektriliste tungidega on seotud aatomid ja molekulid, seega kõik need materiaalsed struktuurid, millega tegelevad keemia ja bioloogia. Elektromagnetiliselt vastasmõjustuvad kõik laetud osakesed ja vastasmõju ülekandjaks on footon.

Järgmine on metastabiilsete osakeste lagunemist põhjustav nõrk interaktsioon, millest võtavad osa kõik osakesed peale footoni ja kus stabiilsed osakesed esinevad lagunemisproduktidena. Fundamentaalse tähtsusega näib olevat neut-

riino, ta on ainuke osake, mis võtab osa ainult nõrgast interaktsioonist.

Kõige nõrgem vastasmõju on gravitatsioon, kuid seda ainult mikrokosmoses. Suures ulatuses annab ta märgatavaid efekte - tähesüsteeme hoiavad koos gravitatsioonitungid.

Mikromaailma seaduspärasuste tunnetamisel on tõhusaks vahendiks olnud sümmeetriaprintsiibid. Igasugune sümmeetria väljendab alati teatavat paigalseisu või jäävuse momenti /1/.

1918. a. leidis Emmy Noether täpse matemaatilise seose sümmeetria ja jäävate suuruste vahel. Analüütilises mehhaanikas iseloomustab süsteemi avaldis, mida nim. hamiltoniaaniks. Noetheri teoreem väidab /2, 3/, et igale pidevale teiseenduste rühmale, mis jätab invariantseks hamiltoniaani, vastavad jäävad suurused ja neid on parajasti nii palju kui pidevate teisenduste sõltumatuid parameetreid. Aeg-ruumi homogeensus ja ruumi isotroopsus väljenduvad vaba süsteemi sümmeetrias (hamiltoniaani invariantisuses) aeg-ruumi nihete ja ruumi pöörete suhtes. Noetheri teoreemi kohaselt saame siin jäävateks suurusteks energia, impulsi ja pöördimpulsi.

Tugevalt vastasmõjustuvate mikroosakeste põrkeprotsessides ilmneb aga vajadus uute jäävuseseaduste järele. On protsess, mis oleksid energiainpulsi ning pöördimpulsi jäävusega lubatud, kuid mida looduses ei esine. Et saada keelureegleid selliste protsesside jaoks, tuleb oletada elementaarosakeste uut liiki, aeg-ruumilisest sümmeetriast erinevat sümmeetriat, mis ilmneb eelkõige teatava osakeste rühma - laengulise multiplēti - osakeste ühesuguses käitumises tugevas interaktsioonis. Laengulisse multiplētti kuuluvad osakesed erinevate laengutega ja lähedaste massidega, multiplēttide näiteks oleksid  $(p, n), \Lambda, (\Sigma^+, \Sigma^0, \Sigma^-), (\Xi^0, \Xi^-), (\pi^+, \pi^0, \pi^-)$ . Osakestevahelised tungid ei muutu, kui laengulise multiplēti piires osakesi ümber vahetada. Kvantmehhaanika seaduste kohaselt võib ümbervahetamist üldistada nii, et osake asendub kõikide samasse multiplētti kuuluvate osakeste lineaarkombinatsiooniga. Teiseenduste rühmaks saame siis maatriksrühma. Osakeste arvu jäävuse nõue kitsendab selle

unitaarmaatriksite rühmaks. Lähtudes multipletist  $(p, n)$  saame teisenduste rühmaks 2-dim. unitaarmaatriksite rühma. Vastasmõju kirjeldav avaldis - interaktsioonihamiltoniaan - jääb aga invariantseks ainult siis, kui koos  $(p, n)$ -multipletiga teisenevad teataval viisil ka kõik ülejäänud multiplendid, teisendusmaatriksite kuju on erinevate multiplettide korral küll erinev, kuid teisendused toimuvad üheskoos, koherentselt, mingi ühe rühma (antud juhul 2-dim. unitaarse rühma) esitustena. Kuna tugeva interaktsiooni sümmeetriat on võimalik laiendada, ühendades multiplette supermultiplettideks, siis tuleb sümmeetria edukaks uurimiseks kasutada maatriksrühmade ja nende esituste üldist matemaatilist aparatuuri.

Käesoleval ajal on eksperimentidega kõige paremini kooskõlas 3-dim. unitaarmaatriksitest koosnev sümmeetriarühm  $/4/$ . Toome näitena ühe raskete osakeste supermultiplети:

$$[(p, n), \Lambda, (\Sigma^+, \Sigma^0, \Sigma^-), (\Xi^0, \Xi^-)].$$

Uuest sümmeetriast annavadki Noetheri teoreemi põhjal tulenevate suuruste jäävuse seadused nõutavad lisavalikureeglid (kaelureeglid). Sümmeetriarühmade matemaatiline aparaat võimaldab siduda omavahel erinevate protsesside intensiivsusi, see aga vähendab oluliselt töömahukaid arvutusi - leides dünaamilise teooria abil mingi protsessi intensiivsuse, võime sümmeetriakaalutlustest saada seotud protsesside intensiivsused. Meil puudub rahuldav tugeva interaktsiooni dünaamiline teooria. Tugeva vastasmõju rühmateoreetiline käsitlus ja olemasolev dünaamiline teooria on teineteist täiendavad, kuid mitte teineteist asendavad. Tulevikus võib-olla õnnestub sümmeetriat tuletada dünaamikast, see aga ei vähenda rühmateoreetiliste meetodite tähtsust.

Näib, et selline sümmeetria on tugeva interaktsiooni iseloomulik joon, sest paljudele uurimustele vaatamata pole sellist sümmeetriat õnnestunud leida teiste vastasmõjude jaoks. Elektromagnetilist vastasmõju on mõningal määral võimalik haarata tugeva interaktsiooni sümmeetriaskeemi. Nõr-

gale interaktsioonile on iseloomulikud tugeva interaktsiooni sümmeetria rikkumise omapärased ranged vormid. Üldiselt arvatakse, et vastasmõjude nõrgenedes väheneb sümmeetria.

Praegu on mikroosakeste rühmateoreetilise käsitluse peamisteks probleemideks

- 1) sümmeetria ja dünaamilise teooria vahekord,
- 2) tugeva interaktsiooni sümmeetria edasine uurimine ja võrdlus eksperimendiga ning
- 3) erinevate vastasmõjude sümmeetriate ja nendevaheliste seoste väljaselgitamine.

#### K i r j a n d u s .

1. Weyl, H., Symmetry, Princeton 1952.
2. Поляк, Л.С., Вариационные принципы механики, Москва 1960.
3. Вигнер, Е., Симметрия и законы сохранения, УФН, 83, nr.4, 729-738 (1964).
4. Гелл-Манн, М., Розенфельд, А., Дж. Чу, Сильно взаимодействующие частицы. УФН, 83, nr.4., 645-727 (1964).

SÖLTUVUST ISELOOMUSTAVATE STATISTIKUTE  
INTERPRETEERIMISEST.

A. Nilson.

ENSV TA Füüsika ja Astronoomia Instituut.

Hoolimata korrelatsioonikordaja ( $r$ ) üsnagi tsentraalsest kohast mitmemõõtmelises statistilises analüüsis /1/ toimub tema ja talle sarnaste sõltuvusstatistikute väärtuste tõlgendamine nii õpetamise kui rakendamise käigus üpris pealiskaudselt. Tavaliselt piirduakse märkusega: korrelatsioonikordaja ruut  $r_{xy}^2 = \beta_{xy}$  näitab, milline osa  $x$  või  $y$  koguariveeruvusest (s.t. dispersioonist) on seletatav lineaarse seosega  $x$  ja  $y$  vahel. Et dispersioonile kui hajuvust mittelineaarselt iseloomustavale statistikule on raske anda hästi meelde jäävat ja kergesti mõistetavat sisulist ja geomeetrilist tõlgendust, jääb ka selline korrelatsioonikordaja raskesti mõistetavaks ja abstraktseks, mistõttu tema kasutajad, sealhulgas isegi rakendusmatemaatikud, ei suuda leitud korrelatsioonikordajaid ja nende maatrikseid tihti vajaliku sügavusega tunnetada ja neist vajalikke järeldusi teha.

Alljärgnevas püüame esitada mõned võimalused korrelatsioonikordaja ja analoogiliste statistikute väärtuste sisulise ja geomeetrilise interpreteerimise parandamiseks.

1) Pole raske näidata, et normeeritud juhuslike suuruste  $(X = \frac{x - \bar{x}}{s_x}, Y = \frac{y - \bar{y}}{s_y})$  ja normaalse korrelatsiooni korral on korrelatsiooniellipsi suurtelg väiketeljest  $\sqrt{\frac{1+r}{1-r}}$  korda pikem, millest saame korrelatsiooniellipsi lameduse  $\lambda = 1 - \sqrt{\frac{1-r}{1+r}}$ .

Samu suurusi võime avaldada ka R.A. Fisheri  $z = \frac{1}{\sqrt{2}} \ln \frac{1+r}{1-r}$  /1/ kaudu:  $\sqrt{\frac{1+r}{1-r}} = e^z$  ja  $\lambda = 1 - e^{-z^2}$ .

2) Normaalse korrelatsiooni korral  $r = \eta = L$ , kus  $\eta$  on korrelatsioonisuhe ja  $L$  - informatsiooniline korrelatsioonikordaja. Eeltoodust järeldub:

$$B = 1 - \left( \frac{S_{y|x}}{S_y} \right)^2 = 1 - \exp \left\{ 2 [H(X, Y) - H(X) - H(Y)] \right\}$$

Võtame  $B$  asemele kasutusele sellise statistiku  $\psi$ , et

$$\psi = 1 - \frac{S_{y|x}}{S_y} = 1 - \exp \left\{ H(X, Y) - H(X) - H(Y) \right\}$$

mis on  $B$  -ga seotud järgmiselt

$$\psi = 1 - \sqrt{1-B} \quad \text{ja} \quad B = \psi(2 - \psi),$$

kus  $B = r^2$ ,  $B = \eta^2$  või  $B = L^2$ . Sealjuures  $B$  avaldamisel  $\eta$  või  $L$  kaudu iseloomustab  $\psi$  hästi ka mitte-lineaarseid sõltuvusi. Statistika  $\psi$  näitab, kui suurt osa analüüsitava juhusliku suuruse standardhälvest või usaldusvahemiku laiusel või analüüsitava juhuslike sündmuste süsteemi eksponententroopiast\* võib seletada teise suuruse väärtuste või teise süsteemi seisundite muutumisega (varieerumisega).

3) Lähtudes tuntud seosest  $b_{y|x} = r \frac{S_y}{S_x}$  võime korrelatsioonikordaja väärtust tõlgendada kui normeeritud juhuslike suuruste vahelise regressioonsirge tõusu ( $b$ ) põhinuutujaks võetud suuruse telje suhtes:  $r = b$ .

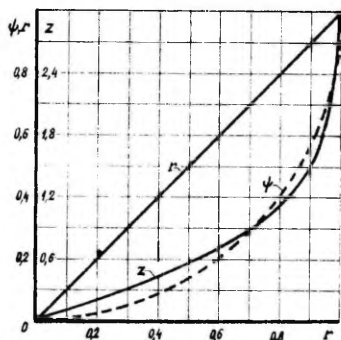
Klassikaliste statistikute ja nende teisenduste vahelist sõltuvust iseloomustavad joonised 1 ja 2.

Korrelatsioonanalüüsi rakendustes püstitatud ülesandeid

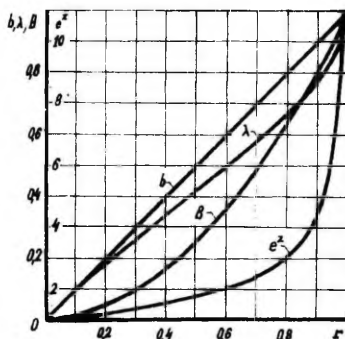
---

\* Eksponententroopiat ( $e^{H(X)}$  kui  $H(X) = -\sum_i p_{x_i} \ln p_{x_i}$  või  $2^{H(X)}$  kui  $H(X) = -\sum_i p_{x_i} \log_2 p_{x_i}$ ) võib jämedas lähenduses tõlgendada iseloomustava süsteemiga võrdse entroopiaga, kuid võrdvõimalike seisunditega süsteemi seisundite arvuna.

le kõige vastavam ning sisuliselt ja geomeetriselt teis-  
test tunduvalt paremini tõlgendatav on korrelatsioonikordaja  
ja teiste samalaadsete sõltuvusstatistikute ( $\eta, L, j^t$ ) teisen-



Joon. 1.



Joon. 2.

dus  $\psi$ , mis mõningal juhul on ka vahetult väga kergesti  
leitav, näiteks sageduste ruutude kaudu /2/

$$\psi_a = 1 - \frac{\sum n_i^2 \sum n_j^2}{n^2 \sum n_{ij}}$$

Statistikute  $\psi$  ja  $r$  vahelise sõltuvuse kuju (ringjoo-  
ne kaar) on lähedane  $z$  ja  $r$  vahelise sõltuvuse kujule  
(vt. joon. 2), mistõttu võib oletada, et  $\psi$  jaotus, sarnas-  
selt  $z$ -jaotusele, läheneb normaalsele ja  $S_\psi$  ei sõltu  
nii oluliselt  $\psi$  enese väärtustest kui  $S_r$   $r$  väärtustest.  
Seepärast on muidugi õigustatum ka  $\psi$  esitamine ühesuguse  
tüvikohtade arvuga kogu tema muutumisvahemiku ulatuses.

Tavaliste sõltuvusstatistikute teisendamine  $\psi$ -ks ja  
vastupidi ei valmista kaasajal mingeid raskusi, küll aga pa-  
raneb tulemuste esitamisel  $\psi$  kujul tunduvalt nende inter-  
preteeritavus, mispärast, arvestades kõike ülalöeldud, tun-  
dub olevat otstarbekas seda ka teha. Uurimist väärivad statis-  
tiku  $\psi$  jaotus. Samuti tuleks sõltuvuse tugevust iseloomus-  
tavate statistikute õpetamisel osutada senisest enam tähele-  
panu statistikute sisulise ja geomeetriselise tõlgendamise kü-  
simustele.

K i r j a n d u s .

1. Фишер, Р.А., Статистические методы для исследователей, Москва 1958.
2. Нильсон, А., Некоторые свойства сумм квадратов вероятностей и математико-статистические приложения их, Изв. АН Эст. ССР серия физ.-мат. и техн. наук, 1965, нр. 1.

FÜÜSIKUTE ETTEVALMISTAMISEST VABARIIGI TEADUSLIKELE  
ASUTUSTELE JA TÖÖSTUSTELE TARTU RIIKLIKUS ÜLIKOO LIS  
PERIOODIL 1961.-1970.

K.-S. R e b a n e .  
Tartu Riiklik Ülikool.

1. Üliõpilaste ja lõpetajate arv perioodil  
1961.-1970. a.

Nõudmine kvalifitseeritud füüsikute järele on praegu väga suur. Füüsikuid vajavad vabariigi kõrgemad õppeasutused, teaduslikud uurimisasutused (nii füüsika-alased kui ka teised), tööstusettevõtted ja mitmesugused kontroll-laboratooriumid.

Füüsikute vastuvõtt kuni 1961. aastani oli väiksearvuline. Seetõttu on praegu füüsikaosakonna lõpetajate arv väike - 10-20 noort aastas. Väga suur oli väljalangevus. Lõpetajate arv lähema 2-3 aasta jooksul oluliselt ei suurene. 1962. aastast alates võetakse aga ülikooli füüsikaosakonda igal aastal vastu juba 60 inimest ühise konkursiga nii vene kui ka eesti rahvusest noortele. Üliõpilaste arv esimestel kursustel ületab praegu mitmekordselt üliõpilaste arvu vanematel kursustel ja alates 1967.-1968. aastast hakkab füüsikaosakonna lõpetajate arv kasvama ning 1970. aastaks tõenäoliselt kahekordistub.

Vajadus füüsikute järele vabariigis jääb aga pikema aja jooksul tunduvalt suuremaks, kui ülikool suudab neid anda. Seetõttu on vaja juba järgnevast aastast alates suurendada füüsikaosakonda vastuvõetavate noorte kontingenti, tõstes

selle 1970. aastaks praeguselt 60 inimeselt 80 - 90-ni, arvestades sealjuures, et neist 80 - 90-st vastuvõetud noorest lõpetab ülikooli umbes 60.

## 2. Ülikooli lõpetanud füüsikute ettevalmistus edaspidiseks tööks.

Senised väkesearvulised kursused võimaldasid grupiviisilise õppetöövormi kõrval suures ulatuses rakendada üliõpilaste individuaalset väljaõpet. Praktiliselt saab praegu hiljemalt kolmandal-neljandal kursusel rõhuv enamik üliõpilasi oma ettevalmistuse vähemalt 30 % ulatuses individuaalselt. Üliõpilaste ettevalmistuse tase sõltub tegelikult nende õppejõudude ja töötajate ettevalmistuse tasemest, kelle juures üliõpilased töötavad. Rõhuv enamik meie lõpetajaid on tõestanud, et neil olid head õpetajad. Suur osa neist õpib praegu edasi aspirantuuris, töötab edukalt teaduslike töötajatena või tehaselaboratooriumides.

Viimastel aastatel valmistab füüsikaosakond ette füüsikuid järgmistel kitsamatel spetsiaalsustel: teoreetiline füüsika, tahke keha optika, tahke keha elektroonika, astronoomia ja biofüüsika. Väikese arvu üliõpilaste jaoks on see suhteliselt suur spetsiaalsuste arv ja viimasel ajal on tekkinud eriti eksperimentaalfüüsika kateedris arvamus, et füüsikute ettevalmistamise teoreetilist külge tuleks rohkem ühtlustada. Detailset spetsialiseerumist oleks võimalik saavutada üliõpilasel pika tootmispraktika, eripraktikumide, kursusetöö ja diplomitöö tegemise ajal. Selles suhtes on vaja veelgi enam süvendada ja julgemalt rakendada füüsikaosakonna kateedrite seniseid kogemusi. Juba praegu läheb suur hulk ülikooli lõpetajaid tööle neisse asutustesse, kus nad viibisid tootmispraktikal või kus nad tegid oma diplomitöö. Sellisel töökohal on võimalik üliõpilase lõplik spetsialiseerumine vajalikus suunas ja pärast töölesuunamist ta tegelikult ainult jätkab oma varem alustatud tööd. Sedalaadi ühisest üliõpilaste ettevalmistusest võtavad osa Füüsika ja Astronoomia Instituut Tartus, H. Pöggelmanni nim. Raadiotehnika Tehas Tallinnas ja veel mõned teised asutused.

Kui aga 1970. aastaks üliõpilaste arv füüsikaosakonnas kasvab, siis paratamatult peab mõningal määral suurendama ka üliõpilaste grupiviisilise ettevalmistamise tähtsust ja kvaliteet. Selles suhtes on mõndagi tehtud. Aastatel 1960-1964 on füüsika üldpraktikumid põhiliselt rekonstrueeritud. Käesoleval õppeaastal oli esmakordselt IV kursusel tahke keha ja pooljuhtidealane praktikum. Tänavu asume optikaalase praktikumi täiustamisele. Perioodil 1965-1970 kavatseb eksperimentaalfüüsika kateeder organiseerida kolm uut erilaboratooriumi füüsikaosakonna üliõpilaste jaoks. Need on kõrgvaakuumtehnika laboratoorium, madalate temperatuuride laboratoorium ja kõrgsagedustehnika laboratoorium. Niisuguste laboratooriumide olemasolu võimaldaks füüsikute ettevalmistamist oluliselt parandada ja kaasaegsemaks muuta.

### 3. Füüsikute ettevalmistamise materiaalne baas.

Peab kohe ütleva, et füüsikute ettevalmistamine on väga kulukas. Et meie üliõpilane saaks kaasaegse ettevalmistuse, peab ta töötama ka kaasaegse aparatuuriga. Kaasaegne aparatuur uueneb iga aastaga. Tänavune uus aparatuur on juba viie aasta pärast vananenud ega paku meile enam huvi. Uus aparatuur on aga suhteliselt kallis.

Küllalt soodsas olukorras on need üliõpilased, kes saavad töötada eesrindlikes uurimislaboratooriumides. Senini see on nii olnud enamiku üliõpilaste puhul. Üliõpilaste kontingendi suurenemisel on aga vaja enam tähelepanu osutada erilaboratooriumide sisustamisele kaasaegse tehnikaga. Siin nähtavasti tuleb kõrgemalseisvatel organitel läbi mõelda, kuidas kindlustada füüsikaosakonna laboratooriumidele pidevalt uue aparatuuri saamise võimalused ja mida teha moraalset vananenud, kuid veel töökölblike seadmetega. Praegu aitab üliõpilaste ettevalmistamisele ja laboratooriumide kaasaegse tehnikaga varustamisele kaasa ka asjaolu, et perioodile 1960-1965 langes füüsikaosakonnas kahe problemlaboratooriumi organiseerimine: 1960. aastal asutati pooljuhtide ja elektroluminestsentsi laboratoorium ja 1964. aastal aeroionisatsioonilaboratoorium.

Tahke keha elektroonika valdkonnas aitab oluliselt üliõpilaste ettevalmistamist parandada ka see kateedri õppejõudude traditsioon, et vanema kursuse üliõpilasi tõmmatakse kaasa uurimisaparatuuri loomisele ja täiustamisele. See meetod võimaldab ette valmistada parimaid antud eriala tehniliste vahendite ja kaasaja tehnika tundjaid. Selles töös loodab füüsikaosakond edaspidi tublit abi ka ülikooli eksperimentaaltöökoja elektroonikutelt.

Tööfrondi pidev laiendamine ja ettevalmistatavate üliõpilaste arvu kasv nõuab ka uute ruumide eraldamist füüsikute käsutusse. Kahjuks on selles suhtes praegu kõige raskem. Kuna aga vajadus füüsikute järele muutub veelgi teravamaks, siis tuleb loota, et ka see raske küsimus kord lahendatakse.

ZnS-TÜÜPI LUMINOFOORIDE ELEKTROLUMINESTSENTSI  
UURIMISEST TRÜ-s.

K.-S. Rebane, L. Uibo,  
V. Vassiltsenko, E. Talviste.

Tartu Riiklik Ülikool.

Elektrilaengu kandjate liikumise reguleerimine vahetult tahkes kristalses aines (vaakuumis toimuva varem tuntud reguleerimise asemel) tekitab murrangu elektroonikas - jutt on vaakuum-elektronlampide asendamisest miniatuursete ja ülimalt töökindlate pooljuhtseadmetega. Analoogiline üleminek vaakuumkambriga optiliste seadmete - katoodtorude, kineskoopide, elektron-optiliste muundajate ja lõpuks hõõglampide ja gaaslahendusega lumineestsentslampide valdkonnas on teostatav elektrolumineestsentsi (edaspidi EL) nähtust rakendades. Viimastel aastatel on loodud suurepinnalised EL-valgusallikad, mis on heleduselt võrreldavad neon-gaaslahenduslampidega (heledus - 0,1 sb), on avaldatud teateid lamedate televisiooniekraanide konstrueerimisest, samuti valguse võimenditest-muunditest võimendusteguriga mitu tuhat korda.

EL on nähtus, mis toimub vastavalt ülalnimetatud printsiibile - valguse kiirgamine kristallist, millele on vahetult rakendatud elektrivälgi. Praktiliseks EL elemendiks, mis kuulub koostisosana mistahes optilisse seadmesse, on plaatkondensaator, mille dielektrikusse on paigutatud elektrolumineestseeruva aine mikrokristallid. Vähemalt üks kondensaatori plaatidest peab olema läbipaistev.

Parimaks elektrolumineestseeruvaks aineks on osutunud

sobivate lisanditega aktiveeritud tsinksulfiid ( $ZnS$ ). Head elektroluminofoorid on ka teised Mendelejevi tabeli II ( $Zn$ ,  $Cd$ ,  $Hg$ ) ja VI rühma ( $O$ ,  $S$ ,  $Se$ ,  $Te$ ) ühendid. Seevastu leelis-halogeenkristallides (väga head ja põhjalikult uuritud foto-luminofoorid) on EL ergutamise seotud suurte raskustega /1/.

$ZnS$ -elektroluminofoorid on olnud TRÜ elektroluminest-sentsi ja pooljuhtide laboratooriumi põhiliseks uurimisob-jektiks. Uurimiste käigus on silmas peetud vajadust leida lahendus kahele põhiprobleemile, mis seni takistavad EL val-gusallikate ja optiliste seadmete laiaulatuslikku rakenda-mist. Need on:

- 1) EL elementide madal pindheledus,
- 2) EL elementide kiire vananemine - heleduse kahanemi-ne pooleni esialgsest toimub sageli mõnesaja, isegi mõne-kümne töötunni jooksul.

Mõlemad probleemid on kompleksed - neid on võimalik lahendada, luues kombineeritud uurimismetoodika abil adek-vaatse pildi protsessidest, mis toimuvad pooljuhtkristallis tugeva elektrivälja toimel (intensiivne helendus kristalli-des tekib nn. läbilöögieelses väljas  $10^4 - 10^5$  V/cm). Seni avaldatud uurimused, mille arv ulatub tuhandetesse\*, ei an-na EL probleemi piisavat ja ühest lahendust.

Meie poolt on täiendavalt uuritud järgmisi küsimusi:

1. EL-kondensaatori elektriliste omaduste täpsustamine. Olulisteks karakteristikuteks on siin kondensaatori volt-ampere karakteristika, heleduse ja kiirguse saagise olenevus rakendatud pingest. Kuna EL ergutatakse helisagedusliku va-helduvpingega, on volt-ampere karakteristika ja saagise määre-misel vajalik kondensaatorit läbiva vahelduvvoolu reaktiiv-(mahtuvusliku) komponendi kompenseerimine. On välja tööta-tud senisest põhjendatum kompensatsioonimeetod ja koostatud EL-kondensaatori täielik ekvivalentskeem /3/. Eksperimentaal-setele andmetele vastav ekvivalentskeem sisaldab mitteline-

---

\* Ulatuslik EL-alane bibliograafia (kuni 1962. a. aval-datud tööd) sisaldub monograafias /2/.

aarseid elemente (EL on seotud oluliselt mittelineaarsete vooluefektidega kondensaatoris). Koostatud skeemis on nendeks tõkkesuunas lülitatud p-n üleminekud (täpsemini n-p-n tüüpi üleminek). Saadud ekvivalentskeemi kasutamine võimaldab täpsemini käsitleda EL-kondensaatorit vooluringi elemendina. See on eriti oluline EL nähtusel põhinevate keerukate optiliste seadmete (kujutise võimendite, televiisoriekraanide) konstrueerimisel, kus on tegemist tuhandete EL-elementide lülitamisega ühtsesse vooluringi.

2. EL ergutamine kombineeritud pingetega. Kristallis toimuvad ühe pingetsükli jooksul keerukad protsessid: elektrivälja kontsentratsioon, laengukandjate vabastamine ja kiirendamine optiliste energiateni, kiirguslik rekombinatsioon, polarisatsioonilaengu kujunemine. Täiendavat informatsiooni saame, kui ergutuspinge eri faasides rakendame kristallile täiendavalt lühikese kestusega ( $\sim 1 \mu s$ ) lisa pingepulssi. Sel meetodil on saadud uusi andmeid ühe etapi - luminesentsi tekitavate elektronide kiirendamise kohta elektriväljas. Seejuures avastati huvitav nähtus - luminesentskiirguse ulatuslik modulatsioon elektrivälja poolt.

Edasises laiendatakse seda uurimismetoodikat kristalli haardetsentrite osatähtsuse väljaselgitamiseks EL protsessis.

3. EL ergutamine ülimaldalsageduslikus väljas ja infrapunase kiirguse stimuleeriv mõju. Nimetatud meetodel on teostatud rida töid (vt. /4/, seal ka bibliograafia), mille ühiseks eesmärgiks on EL-kondensaatoris kujuneva polarisatsioonilaengu osatähtsuse väljaselgitamine EL protsessis. Polarisatsioonilaeng moodustub nii laengukandjate lokaliseerumise tulemusena kristalli sisemuses (defektidel) kui ka kristalli pinnal. Lokaliseerunud laeng mõjutab oluliselt elektrivälja jaotust kristallis, seega ka EL kiirgust. Pinnal kaudu on EL protsessid oluliselt mõjutatavad väliskeskonna poolt (õhuniiskus, jääkgaasid EL kondensaatori dielektrikus). Seejuures toimuvad pöördumatud elektroemilised ja sorptsiooniprotsessid on üheks EL-kondensaatorite vananemi-

se põhjuseks. Nende detailsem uurimine ongi teostatud eel-  
töö (millest siinkohal kirjeldasime ainult üksikuid momente)  
tulemusena kerkinud päevakorda.

Põgusalgi vaatlemisel avaneb elektroluminesents kui  
uurimisvaldkond perspektiivikana, kuid äärmiselt komplitse-  
rituna selles mõttes, et ta ei mahu ühe-kahe traditsioonili-  
se füüsikalise uurimisala raamidesse, vaid nõuab kõige eri-  
nevamate spetsialistide koostööd.

#### K i r j a n d u s .

1. Георгобини, А.Н., Электрoлoминесценция кристаллов,  
Труды ФИАН СССР, т. 23, 1963.
2. Хениш, Г., Электрoлoминесценция, Москва 1964.
3. Уйбо, Л.Я., Васильченко, В.П., Ж. прикл. спектроск.,  
1965 (в печати).
4. Ребане, К.-С., Тальвисте, Э.К., Труды ИФА, nr.23, 210,  
1963.

MAJANDUSLIKUD KÜSIMUSED KESKKOOLI  
MATEMAATIKAKURSUSES.

J. R e i m a n d.  
Tartu Riiklik Ülikool.

Ühiskonna eksisteerimise põhitingimuseks on materiaalne tootmine. Sellega tegeleb otseselt ja kaudselt valdav enamuse töövõimelisest elanikkonnast. Ühiskonna areng on toimunud ainult tootmise kvantiteedi ja kvaliteedi kasvamise suunas. Viimane seaduspärasus on lõppkokkuvõttes juhtinud majanduslike ja ühiskondlik-poliitiliste formatsioonide vahetumist ning on muutunud ühiskonnasisest tööjaotust. Kaas-aegse tööjaotuse arengu suuna määravaks teguriks on töövõiljakuse kasv.

Kuigi töövõiljakuse kasvu põhilisteks teedeks on automatiseerimine, mehhaniseerimine, uute tehnoloogiliste meetodite kasutuselevõtmine jne., on siin suure tähtsusega ka tootmise ökonoomia küsimused. On vaja, et nendega tegeleksid töötajate laiad massid. Tootmise ökonoomia alal saab nõukogude töötaja olla maksimaalselt kasulik ainult siis, kui tal lisaks sellisele soovile on veel vastavad teadmised ja oskused. Mainitud tahet, teadmisi ja oskusi võiksime kokkuvõtlikult nimetada majanduslikuks teadlikkuseks.

Majandusliku teadlikkuse kasvatamise põhiteeks on üldiselt otsese majandusliku tagasiside rakendamine. Näiteks kodanik, kes unustab kodus korduvalt päeval valgustuse välja lülitamata, peab tasuma elektri eest vajalikust rohkem ja tal jääb üle vähem raha muude hüvede saamiseks. Sotsialistliku tootmise iseärasused ei võimalda kõikjal majanduslikku ta-

gasisidet kasutada. Sellel põhjusel tekib vajadus selgitada meie ühiskonna liikmetele kaudse majandusliku tagasiside olemasolu, mis väljendub ühiskondliku rikkuse määravas osas üksikisiku majanduslikule seisundile. Kuna nimetatud tagasi mõju ei väljendu konkreetsetel juhtudel küllalt ilmekalt, on säästliku suhtumise kasvatamine ühisvarasse suure tähtsusega. Nimetatud mõtteviisi kasvatamine on psühholoogiliselt võimalik seetõttu, et see kutsub esile moraalse rahuldatusse, mis on psüühiliseks tagasisideks. Teiselt poolt - sotsialistliku suurtootmise tingimustes ei piisa aga ainult kokkuiust. On vaja tunda ka optimaalsete tootmisplaanide koostamise meetodeid, sest need omandavad tootmise kaasaegsel arengutasemel otsustava tähtsuse.

Eelnimetatud põhjustel tuleks kaaluda võimalust alustada majandusliku teadlikkuse kasvatamist juba koolis. Parimad eeldusi selle eesmärgi saavutamiseks pakub õppeainetest matemaatika, sest tootmise arvulised näitajad lasevad end matemaatilisel käsitleda ja mitmeid intuiitiivseid majanduslikke otsuseid on võimalik asendada matemaatilisel põhjendatutega.

Noorte ettevalmistamine tootmisest osavõtuks ja järelilikult ka majandusliku teadlikkuse kasvatamine peavad toimuma kogu õppetöö vältel. Siiski on soovitatav vaadelda majanduslikke küsimusi veel koolikursuse lõpul koondatult ja süstematiseerituna iseseisvaks lisakursuseks matemaatika programmile, sest vaadeldav materjal kuulub põhiliselt matemaatika valdkonda.

Selle lisakursuse eesmärgid oleksid:

- 1) säästliku ellusuhtumise kasvatamine koos leppimatu suhtumisega otsese mittesäästlikkuse vastu,
- 2) tutvustamine meetoditega, mis võimaldavad vähendada planeerimise vigadest tulenevat kaudset mittesäästlikkust,
- 3) matemaatika kaasaegsete rakenduste näitamine tootmises ja ökonoomikas,
- 4) matemaatikale populaarsuse võitmine.

Lisakursus võiks koosneda kolmest osast. Neist esimene (umbes 4 tundi) võiks olla pühendatud tootmise organiseeri-

mise põhiprintsiipide selgitamisele sotsialistlikus riigis: tootmine kui ühiskonna eksisteerimise alus, raha organiseeriv funktsioon ühiskonnas ja tootmises, väärtuse ja hinna vahetamine, otsese majandusliku tagasiside puudumine sotsialistlikus tootmises, väärtuste mittesäästlik kulutamine väheteadlike inimeste poolt otsese majandusliku tagasiside puudumise tõttu, ühiskondliku vara mittesäästlik kulutamine kui majandamise efektiivsuse alandaja ja ühiskonna heaolu kasvu pidur.

Teise osa (umbes 2 tundi) võiksid moodustada näited otsesest mittesäästlikust suhtumisest ja tekitatud kahju suuruse väljendamine hinnas.

Soovitatava lisakursuse põhiosa (umbes 25 tundi) moodustaksid matemaatilised planeerimismeetodid ja matemaatiline ettevalmistus nende käsitlemiseks. Sissejuhatuseks võiks olla konkreetse transpordiülesande lahendamine optimeerivate liidetavate meetodil. Peale kahe tundmatuga lineaarvõrratuste süsteemi käsitlemist võiks järgneda lineaarse planeerimise (IP) ülesande olemuse ja lahendamise idee graafiline selgitamine. Järgneksid samaväärsuse küsimused lineaarsete võrrandsüsteemide, lineaarsete võrratussüsteemide ja võrrandisüsteemide ning maksimumi ja miinimumi leidmise korral. Nüüd tuleks käsitleda määratud võrrandisüsteemide lahendamist Gaussi meetodil (maatriksi kujul) ja määramata võrrandisüsteemide nulliliste erilahendite (s. t. erilahendid, milles vabad tundmatud on võrdsustatud nulliga) leidmist süsteemi laiendatud maatriksist. Pärast neid ettevalmistusi saab anda LP ülesande lahenduse simpleksmeetodil ja seejärel lahendada tööstuslikke ning põllumajanduslikke LP ülesandeid. Lisakursuse lõpuks võiks ehitada lihtsaid näiteid dünaamilisest planeerimisest.<sup>1</sup>

Loetletud küsimuste ring sobib matemaatika kursuse lõpu, sest nii juhitakse õpilaste tähelepanu peamisele, tootmisküsimustele, ja selgitatakse matemaatika eelneva õppimise vajalikkus. Matemaatiliste planeerimismeetodite kiire levik

---

<sup>1</sup> Ettekandja õpetas vaadeldud lisakursust käesoleval õppeaastal Tartu I Keskkooli I<sup>c</sup> klassis.

(nende vanus on alla 20 aasta) lubab eeldada, et nende käsitlemine lülitatakse keskkooli eelkõige üldhariduse mõttes kui näide teaduse abist optimaalset lahendust otsivale mõistusele. Ühiskonna arengu seadused on muutnud optimaalse otsimise üldprintsipiiks.

Majandusküsimustes teadlikud inimesed suudavad edukalt töötada kommunismi materiaalse tehnilise baasi loomisel.

#### K i r j a n d u s .

1. Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei programm, Tallinn 1961.
2. Brežnev, L.I., Ettekanne pidulikul koosolekul Kremli Kongresside palees 6. novembril 1964. "Rahva HääL" 7.nov. 1964.
3. Kossõgin, A.N., NSV Liidu rahvamajanduse arendamise 1965. aasta riiklikust plaanist. "Rahva HÄÄL" 10. det. 1964.
4. TASS, Üks protsent kokkuhoidu annab 5 miljardit kilovatt-tundi. "Edasi" 27. jaan. 1965.
5. Kaasik, U., Mulleri, R., Saareste, E., Majandusmatemaatika-alaseid töid Tartu Riikliku Ülikooli arvutuskeskuses. "Matemaatika ja kaasaeg" II, Tartu 1964.
6. Kull, I., Transport ja matemaatika. "Matemaatika ja kaasaeg" III, Tartu 1964, lk. 39-49.
7. Kaasik, U., Lineaarsed planeerimisülesanded. "Matemaatika ja kaasaeg" II, Tartu 1964.
8. Cansado, E., Modern Applications of Mathematics. Kogumikus Mathematical Education in the Americas. Edited by Fehr, H.F. New York 1962. lk. 16-33.

9. Bellis, B.T., Extracts from "A Preliminary Survey and Plans for Further Work". Brošüüris Mathematics in Education and Industry. Supplement to "The Mathematical Gazette". Vol. 47. No. 362, Dec. 1963, lk. 3-7.
10. Lovis, F.B., Some Impressions Gained from a Visit to The British Petroleum Company Limited. Eelmises brošüüris lk. 9-13.
11. Ineichen, R., Elementare Beispiele zur Linearen Programmierung und zur Spieltheorie. "Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht" nr. 9, 1964, lk. 398-404.
12. Langhammer, R., Lineární programování. "Matematika ve škole" nr. 5, 1962, lk. 303-313.
13. Ннык, К., Lineární programování v hodinách matematiky. "Matematika ve škole" 1964, nr. 6, lk. 319-329.
14. Belkner, H., Lineare Optimierung im Mathematikunterricht. "Mathematik in der Schule" nr. 5, 1964, lk. 363-370.
15. Гнеденко, Б.В., О воспитании учителя математики. "Математика в школе" 1964, nr. 6, lk. 8-20.
16. Бушуев, В.Е., Графический метод решения задач линейного программирования в школе. "Математика в школе" 1962, nr. 3, lk. 21-29.
17. Черкасов, А.Н., Краевые экстремумы и задачи линейного программирования. "Математика в школе" 1962, nr. 2, lk. 16-22.
18. Цирелис, Д.И., Графические методы решения задач линейного и нелинейного программирования. "Математика в школе" 1963, nr. 6, lk. 54-57.

**ELEKTROAEROSOOLIDE-ALASTEST UURIMISTÖÖDEST  
TARTU RIIKLIKUS ÜLIKOO LIS.**

**J. R e i n e t .**  
Tartu Riiklik Ülikool.

Aerosooliks nimetatakse vedela või tahke aine ülipeente hõljuvate osakeste disperseeritud süsteemi gaasilises keskkonnas.

Elektroaerosooliks nimetame aerosooli, mille vedelad või tahked osakesed kannavad elektrilaenguid, kusjuures osakeste laeng on kas täielikult unipolaarne või esineb ühe laengumärgiga osakeste ülekaal, mis põhjustab ruumilaengu, mille toimel sama märki osakesed ruumis igas suunas hajuvad.

Maa atmosfääri, kus leidub palju hõljuvaid meresoola kübemekeksi, vulkaanide pursete produkte, mandrilt pärinevat anorgaanilist ja orgaanilist tolmu, võime vaadelda kui hiigelsuurt aerosoolsüsteemi, milles elab ja töötab inimene.

Paljud atmosfääris leiduvatest aerosooli osakestest, mis paisatakse õhku soojuselektrijaamade, mitmesuguste tööstuste, liikumisvahendite jne. poolt, saastavad alataasa õhku, mida inimene sisse hingab. Kuid kõige hirmsam ja ulatuslikum atmosfääri saastamine toimub termotuuma relvade katsetamisel. Seepärast on tänapäeva teadlaste ja riigijuhtide pühaks kohuseks vältida selliseid inimesoole hävingut ettevalmistavaid eksperimente, mis põhjustavad inimorganismile ning loomadele kahjuliku radioaktiivse tolmu sattumist õhku ja vette. Tuleks loobuda ka maa-alustest termotuumakatsetest, sest põhjavee ja jõgede kaudu võivad valguda ohtlikud radioaktiivsed ained merre.

Kuid kahjulike aerosoolide kõrval on teadlased õppinud

tundma ja rakendama aerosooli ka kasulikult. Juba aastasadu on tähele pandud, et fontäänide ja mägiljõgede läheduses oleva õhu sissehingamine avaldab inimesele väärakendavat toimet ja on isegi osutunud kasulikuks väga mitmete haiguste ravil. Samuti on üsna kauges minevikus leidnud edukat rakendamist meditsiinis medikamendi inhaleerimine aerosoolina. See meetod ehk nn. aerosoolteraapia on viimasel ajal meditsiinis laialdaselt levinud, kuna sel teel organismi viidud medikamendi toime on kõige efektiivsem ja kiireloomulisem, võrreldes kõigi teiste ravimi organismi viimise meetoditega.

Elektroaerosoolteraapias /1/ kasutatakse peamiselt negatiivse ruumilaenguga aerosooli, sest paljude uurijate poolt on väidetud, et negatiivsed laengud avaldavad soodsat toimet organismi mõningatele eluavaldustele (Vassiljev, Minch, Edström, Bisa, Siirde /2/ jt.).

Meditsiinis mõistetakse aerosooli all inhaleerimiseks kasutatava tahke pulbri või pihustatud medikamentide lahuste udu, mille osakeste läbimõõt on vahemikus 1 - 10  $\mu$  m. Medikamentide aerosooli toime organismile on seda suurem, mida kaugemale tungib inhaleeritav udu (tolm) kopsudesse, s. t. mida suurem on aerosooli tilkade ja kopsu alveoolide kokkupuutepind. Osakesed, mille raadius on umbes 10  $\mu$  m ja rohkem, sadestuvad peamiselt ülemistes hingamisteedes ega tungi alveoolidesse, kuna osakesed alla 1  $\mu$  m suures enamuses tagasi välja hingatakse.

Elektroaerosoolide osakeste sadestumine hingamisteedes sõltub veel osakese elektrilaengu ja massi vahekorrast. See on aerosool- ja elektroaerosoolravis olulisemaks küsimus, kuidas genereerida aerosooli ja elektroaerosooli, mis suurimal määral imenduksid kopsude kaudu verre. On kindlaks tehtud, et tavaline medikamentide vesilahustest saadud aerosool, kus leidub nii positiivseid kui ka negatiivseid aerosoolosakesi, koaguleerub kergesti elektrostaatiliste jõudude mõjul ega ole seetõttu stabiilne. Kuid elektroaerosool on oma unipolaarse elektrilaengu tõttu stabiilne ega koaguleeru. Elektrostaatilise hajumise toimel sadestub see suurimal määral hingamisteedesse ja alveoolidesse.

Viimasel ajal on meditsiinis aerosool- ja elektroaerosoolteraapiat hakatud laialdaselt rakendama mitte ainult mitmesuguste kopsuhaiguste (silikoos, astma, tuberkuloos jne.) ravil, vaid ka profülaktikas. Tartu Riiklikus Ülikoolis on esmakordselt välja töötatud meetod ja konstrueeritud aparaatuur aerosool- ja elektroaerosoolravi läbiviimiseks ka nende haigete juures, kes hingavad respiratsioonitsentrites kunstliku hingamise aparaatide DII-1 ja DII-2 abil. Mainitud aparaati on Tartu Vabariiklikus Hingamistsentris dots. E. Raudami /3,4/ ja tema kaastöötajate poolt alates 1958. aastast pidevalt edukalt kasutatud. Silmas pidades neid tulemusrikkaid saavutusi ENSV Hingamistsentris aerosool- ja elektroaerosoolravi alal on NSV Liidu Tervishoiuministerium soovitanud 1965. a. kõigis NSV Liidu kunstliku hingamise tsentrites rakendusele võtta Tartu Riiklikus Ülikoolis väljatöötatud elektroaerosoolide generaatorit kunstliku hingamise aparaatide juurde.

Täieliku pöörde on toonud aerosoolide inhaleerimine veterinaarias, võimaldades loomafarmides kõige efektiivsemalt ja massiliselt ravida väga mitmesuguseid nakkushaigusi, eriti aga sigade kopsu-usstõbe /5, 6/, tuues seega meie rahvamajandusele suurt materiaalselt kasu. Seetõttu on hädavajalik otsida uusi teid aerosoolravi täiustamiseks ja selle laialdaseks rakendamiseks mitte ainult meditsiinis, vaid ka veterinaarias.

Tänapäeval kasutatakse meil Nõukogude Liidus aerosoolide tekitamiseks vaid kahesuguseid udustajaid - düüs- või tsentrifugaalpuhustajaid. Esimesed neist vajavad aerosoolide tekitamiseks kas suruõhu või hapniku seadeldisi (kompressoreid, balloone jne.), teised aga suure kiirusega pöörlevaid seadeldisi - rootoreid. Need seadeldised kas oma mittekoostiste ja kiiresti vananevate düüsidega või väikese kasuteguriga raskesti puhastatavate rootoritega on sõna tõsisel mõttes vananenud ega täida enam rahuldavalt neile pandud lootusi individuaalinhalatsiooni ja samuti ka ruuminhalatsiooni teostamise eesmärkidel. Seetõttu on viimane aeg neist loobuda ja nende

asemel kasutusele võtta sobivamad ja suure võimsusega ultraheliaerosoolide generaatorid.

Uurimused on näidanud, et ultraheliaerosooli piisakeste suurus sõltub helisagedusest, kusjuures vastandina düüside abil saadud aerosoolile on ultraheliaerosool homogeenne, s.t. piisakesed on peaaegu ühesuguse läbimõõduga. Siinjuures avaneb võimalus sageduse ümberlüümisel (põhi- ja ülemvõnked) saada piisakesi erineva suurusega, mis võimaldab nende sadestumist hingamisteedes reguleerida.

Et ultraheli abil pihustamisel ei vajata lisaõhku (suruõhku, hapnikku jne.) ja et ajaühikus pihustatud vedeliku hulk on suhteliselt suur, siis on ultraheli abil saadud udu peaaegu kümneid kordi tihedam kui düüside abil tekitatud udu, mistõttu inhalatsiooni kestus on nii mitu korda lühem. Kõik need eelised kinnitavad, et aerosoolide generaatorid, mis töötavad ultraheli abil, on suure tulevikuga.

Peale individuaalinhalatsiooni on ultraheliaerosoolidel ka eeliseid gruppinalatsioonil, mis viiakse läbi eri ruumides, veterinaarias aga erilistes kinnistes kastides. Need ultraheli abil tekitatud aerosoolid on ülimalt püsivad, sest udu olles stabiilne jääb peaaegu ööpäevaks ruumi püsima.

Ultraheliaerosoolaparaate on välja töötatud Saksa Demokraatlikus Vabariigis ja ultrahelielektroaerosoolgeneraatoreid on esmakordselt ehitatud Tartu Riiklikus Ülikoolis, kuid nende massilist levikut NSV Liidus pidurdab veel asjaolu, et meil ei toodeta tööstuslikult ultraheliaerosoolaparaatide ehitamiseks vajalikke ultrahelikiirgajaid.

Kuid mitte ainult meditsiinis ja veterinaarias ei ole aerosoolide ja elektroaerosoolide inhaleerimine suure tähtsusega, vaid elektroaerosooli saab laialdaselt edukalt rakendada veel tööstuses ja põllumajanduses. Nii näiteks on Tartu Riiklikus Ülikoolis välja töötatud uus meetod, kuidas elektrit juhtivate värvainete pihuga teostada elektrostaatilist värvimist, et automatiseerida pneumaatiliste pihustitega värvimise protsessi, hoida kokku värvainet ja parandada sanitaarhügieenilisi töötingimusi tehastes. Uut värvimismeetodit

/7/, mis võimaldab kvaliteetsemalt ja ökonoomsemalt teostada detailide värvimist, hakatakse juurutama praktikasse koostöös NSV Liidu Lakkvärvkatete Tehnoloogia Teadusliku Uurimise Instituudiga. Praegu on TRÜ aeroionisatsioon ja elektroaerosoolide problemlaboratooriumis väljatöötamisel meetod, kuidas elektrostaatiliselt väljas värvida elektrit mittejuhtivaid esemeid, mis on eriti vajalik plastmasside laialdase kasutamiselevõtu tehnikas.

Mõningaid tulemusi on Tartu Riiklikus Ülikoolis saadud ka staatiliste laengute neutraliseerimise alal. On välja töötatud uued efektiivsed osoonivabad neutralisaatorid pindlaengute neutraliseerimiseks ja praegu on käsil ulatuslik lepinguline töö, et selgitada paberi- ja tekstiilitööstuses tekkinud kahjulikkude staatiliste ruumlaengute neutraliseerimise võimalusi.

Samuti on ülalmainitud laboratooriumis välja töötatud meetod, kuidas kemikaalide ja väetisainete pihu elektroaerosoolidena piserdada taimedele. Vastavate aparatuuride joonised on üle antud selle küsimusega tegelevatele riiklikele organisatsioonidele.

Samu seadeldisi, mis tekitavad elektriaerosooli, on võimalik kasutada ka taimekahjurite hävitamisel ja desinfitseerimisel. Elektroaerosoolidel, võrreldes aerosoolidega, on desinfitseerimistööl suuri eeliseid, kuna elektrostaatiliselt hajumise tõttu kaetakse ruumide seinad, lagi ja põrand ühesuguselt ja tihedalt ülipeene pihuga, kusjuures desinfitseerimine on väga efektiivne ja vedeliku kulu tunduvalt väiksem kui tavalisel pihustamisel.

Kuid kõik need loetletud probleemid, millega tegeldakse TRÜ aeroionisatsioon ja elektroaerosoolide problemlaboratooriumis, ei ole uurimistöös peamised, vaid kõige olulisem uurimistöö suund on aspiratsioonimeetodi rakendamine õhuloonide ja elektroaerosoolide laengutiheduse ja laengu mõõtmisel ning laetud osakeste liikumise uurimine aspiratsioonimeetodil töötavais loonide loendajais ja spektromeetris.

Hiljuti valmis sel alal aspirant H. Tammeti ulatuslik

uurimus /8/. Praegu on päevakorral ülalmainitud probleemlaboratooriumis välja töötada optimaalsete parameetritega aspiraatorid-loendajad, mis võimaldavad pidevalt registreerida elektriliselt laetud osakeste (aeroioonide ja elektroaerosoolide) tiheduse muutusi niihästi atmosfääris kui ka erilistes tööstusruumides, kus tekib tööprotsessis tugev õhuhionisatsioon. Et võimaldada läbi viia selliseid uurimistöid ka teistes riiklikes organisatsioonides ja NSV Liidu Teaduste Akadeemia vastavates instituutides jne., valmistatakse igal aastal lepinguliste uurimistöödena vajalikke seadeldisi ka NSV Liidu teistele selle ala teadusliku uurimistöö keskustele.

#### K i r j a n d u s .

1. Ученые записки Тартуского гос. университета, вып. 140. Труды по аэроионизации и электроаэрозолям, Тарту 1963.
2. Сийрде, Э.К., Аэро- и гидроионы в оториноларингологии, (докторская диссертация), Тарту 1962.
3. Раудам, Э.И., Рейнет, Я.Ю., Тикк, А.А., Вельди, А.Т. и Тамм, Э.И., О применении аэрозолей и электроаэрозолей в острой стадии полиомиелита, особенно у подвергшихся трахеотомии больных. Журнал Невропатологии и психиатрии имени С.С.Корсакова, 1960, L X 11, 1428-1434.
4. Рейнет, Я.Ю., Раудам, Э.И. и др., Профилактика и лечение аэрозолями легочных осложнений у неврологических больных. Материалы конференции невропатологов и психиатров прибалтийских республик 23-25 июня 1964 г. в Тарту.
5. Каарма, А.И., Усовершенствование мер борьбы с метастро-нгилевом свиней в условиях ЭССР. Авторефе-

рат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук, Тарту 1962.

6. Рейнет, Я.Ю., Виснапуу, Л.Ю., Электроаэрозольные генераторы для лечения сельскохозяйственных животных. Материалы к объединенному собранию Научно-Технического Совета МСХ СССР и отделения животноводства ВАСХНИЛ на тему "Применение аэроионизации в животноводстве и ветеринарии", Москва 1964.
7. Рейнет, Я.Ю., Виснапуу, Л.Ю., О работах Тартуского гос. университета в области электроокраски. Тезисы докладов научно-технического собрания по окраске изделий в электростатическом поле, Москва 1964.
8. Таммет, Х.Ф., Аспирационный метод изучения ионизированного воздуха и аэрозолей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, Тарту 1964.

## JÄRKJÄRGULISE LÄHENDAMISE MEETODI OLEMUSEST.

A. T e l g m a a .

ENSV Pedagoogika Teadusliku Uurimise Instituut.

1. Kui mingis tegelikkusest pärinevas probleemis nõutakse teatava suuruse leidmist, siis ei ole kunagi võimalik leida selle suuruse täpset väärtust, vaid saab leida tema lähendeid kas suurema või väiksema täpsusega.

Tehnikas antakse detaili töötlemise täpsus tolerantsi abil.

2. Kui on leitud tundmatu mingi lähend  $x_n$  (mõnel juhul saab seda võtta suvaliselt), siis saab sageli näidata operatsiooni  $\varphi$ , mille rakendamine leitud lähendile annab tundmatu parema lähendi  $x_{n+1}$ :  $x_{n+1} = \varphi(x_n)$ . Rakendades lähendile  $x_{n+1}$  uuesti sama operatsiooni, saame veelgi täpsema lähendi  $x_{n+2}$  jne. Kirjeldatud olukorra puhul on selline tundmatule lähenemise lõputu protsess koonduv iteratsiooniprotsess: tema abil saadud tundmatu lähendid moodustavad koonduva jada.

3. Koonduv iteratsiooniprotsess viib tundmatu järkjärgulisele lähendamisele. Seepärast nimetatakse iteratsioonimeetodit ka järkjärgulise lähendamise meetodiks. Iteratsioonimeetodit ja järkjärgulise lähendamise meetodit ei saa aga teineteisega samastada. Leidub ju probleeme, kus leiab küll aset tundmatu järkjärguline lähendamine, kuid mingit itereerimist siiski ei toimu. Olgu selliste probleemidena siinjuures nimetatud  $\sqrt{a}$  järjestikuste kümnendkohtade leidmine võrratusest

$$\left(\frac{x}{10^n}\right)^2 < a < \left(\frac{x+1}{10^n}\right)^2, \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

ja püramiidi ruumala määramine püramiidi sisse ehitatud prismade ruumalade summa piirväärtusena.

Toodud asjaoludel tuleb lugeda järkjärgulise lähendamise meetodit märksa üldisemaks meetodiks kui iteratsioonimeetodit. Järkjärgulise lähendamise meetodit tuleks defineerida järgmiselt: järkjärgulise lähendamise meetodiks nimetatakse mingi tundmatu määramist selle tundmatu lähendite koonduva jada abil.

4. Selles definitsioonis märgitud jada on järjestatud hulk; see hulk võib olla arvude hulk, funktsioonide, lõikude, nurkade jms. hulk. Mõttekääik kandub üle ka paljudele probleemidele, mis polegi matemaatilise sisuga: tundmatu lähendite jada liikmed võivad olla matemaatiliselt mitte defineeritavad objektid. Üldisemas mõttes leiab seega järkjärgulise lähendamise meetod kasutamist ka igapäevases elus nii tööprotsessis kui ka teaduses: järkjärgulise lähendamisega töötab treial; järkjärgulise lähendamise teel on leitud soojuse mehhaaniline ekvivalent, valguse kiirus vaakumis ja mitmed teised füüsikalised konstandid.

PERFOPLAADI RAKENDAMISE KOEEMUSI TARTU RIIKLIKUS  
ÜLIKOO LIS.

K. T o i m .  
Tartu Riiklik Ülikool.

1963. a. sügissemestril konstrueeriti TRÜ loogika ja psühholoogia kateedris lihtne "õpetav" vahend - perfoplaat. Üliõpilasele esitatakse valikvastusega ülesandeid ja perfoplaadi abil saab ta ise lahenduskatse puhul teada, kas ta valis õige vastuse (seesmine tagasiside). Et iga lahenduskatse jätab perfoplaati asetatud paberile jälje, siis saab ka õppejõud teada, kuidas üliõpilased ülesannete lahendamisega toime tulid (väline tagasiside). Samal semestril läbi viidud esimesed katsed osutusid edukaks. Vabariigi pedagoogilisele avalikkusele anti informatsiooni perfoplaadi konstrueerimise ja kasutamise kohta. Tänu sellele on perfoplaat võetud kasutamisele mitmes vabariigi koolis. Ka ülikoolis on uut meetodikat katsetatud mitmes kateedris.

1964. a. sügissemestril rakendati perfoplaate formaalse loogika õpetamisel õigusteaduskonna I kursusel ja eesti keele osakonna III kursusel praktilistes harjutustundides. Viies harjutustunnis lasti üliõpilastel lahendada loogikaülesandeid perfoplaadi abil, ülejäänud tundides teostati harjutusi traditsioonilise meetodiga - üks lahendab ülesande, teised kontrollivad ja parandavad. Perfoplaatide abil harjutati mõistete, otsustuste ja järelduste liikide, mõistete mahulisete suhete ja otsustustevaheliste loogiliste seoste määramist. Samuti kasutati perfoplaate järelduste ja tõestuste õigsuse kontrollimiseks ning järeldus- ja tõestusviigade analüüsimiseks.

Selgus, et perfoplaadil on, võrreldes traditsioonilise meetodiga, mitmed paremused.

1) Perfoplaat võimaldab üliõpilastel isikupärasel tempos ülesandeid lahendada. Individuaalsed erinevused osutusid võrdlemisi suureks. Harjutustunnis ettenähtud 40 ülesande lahendamiseks kulub kõige kiiremal õpilasel ainult 20 minutit, kõige aeglasemal aga 60 minutit.

2) Perfoplaat sunnib kõiki üliõpilasi harjutustundides aktiivselt töötama. Traditsioonilise meetodi puhul töötavad aktiivselt ainult vähesed, enamik on aga passiivseteks pealtkuulajateks.

3) Harjutustunnis on õppejõul võimalik anda individuaalset konsultatsiooni ülesannete lahendamise kohta.

4) Üliõpilased suhtuvad harjutamisesse hoolikamalt, kuna nad teavad, et õppejõud saab täpset informatsiooni nende töö käigust.

Loogikakursuse viimasel loengul teostatud anonüümne ankeetküsitlus näitas, et 72 % (39/54) küsitletud üliõpilastest lugesid perfoplaadi harjutused kasulikumaks kui traditsioonilise meetodiga harjutamise. Vastuväideteks oli ainult see, et harjutamine perfoplaadiga väsitab tunduvalt rohkem kui tavaline harjutamine ja et harjutamisest ei ole mingit kasu, kui puuduvad vajalikud eelteadmised. Kumbki vastuväide ei räägi aga perfoplaadi kahjuks, sest vaimse pingutuse suurendamine oli perfoplaadi kasutamise eesmärgiks ja loengumaterjali tundmine selle eelduseks.

Perfoplaadi rakendamine suurendab mõnevõrra õppejõu tööd: ülesannete koostamine, paljundamine ja kättejagamine, perfoplaatide töökorda seadmine ja kättejagamine, harjutuste tulemuste kontrollimine ja registreerimine. Kui aga arvestada, et ühte ja sama harjutust saab korduvalt kasutada ja tehnilisi töid võivad läbi viia laborandid ja ka üliõpilased ise, siis ei tohiks lisa töökoormus kedagi hirmutada.

Perfoplaadi põhipuuduseks on see, et ta võimaldab kontrollida ainult valikvastustega ülesannete lahendamise õigsust

ja selle tõttu on ta rakendusala küllalt piiratud. Välismaa ja nõukogude teadlaste vastavad uurimused on näidanud, et valikvastuste printsiip ei sobi uue aine esitamisel, kui ebaõigetele vastustele ei järgne vajalikku selgitust.

Nii jääb perfoplaadi harjutuste eesmärgiks loengul kuuludud või õpikust loetud materjali kinnistamine ja kontrollimine. Kuid ka siin ei tohi unustada, et kõik õppemeetodid kaotavad oma väärtuse, kui nende kasutamisega liialdatakse.

**TEADUSE METODOLOOGIA AKTUAALSEID  
PROBLEEME.**

**L. V a l t .**

**Tartu Riiklik Ülikool.**

1. Teaduse areng seisneb mitte ainult süstematiseeritud faktide hulga suurenemises ja uute teooriate loomises, vaid ka uute empiirilise ja teoreetilise tunnetuse meetodite väljatöötamises.

2. Teaduse integratsiooniga kaasneb erinevates teadusharudes väljatöötatud meetodite kombineerimine objektide uurimisel. Erinevate meetoditega saadud tulemuste ühendamine ühtseks teoreetiliseks süsteemiks (teooriaks) on tihti seotud raskustega. Tekib vajadus uurida erinevate tunnetusmeetodite vahetõrkeid ja nende võimalusi antud objekti uurimisel. Laiemas plaanis on vaja teaduslikult uurida teadusliku uurimise protsessi ennast. See ongi teaduse metodoloogia ülesanne.

3. Teaduse metodoloogia mõiste vajab täpsustamist. Praegu annavad erinevad autorid mõistele "teaduse metodoloogia" erineva sisu. Selle all mõeldakse näiteks 1) teatava teadusharu üldteoreetilisi probleeme, 2) filosoofilisi probleeme seoses mingi teadusharu spetsiifikaga, 3) teaduse kui loogilise süsteemi struktuuri analüüsimist, 4) gnoseoloogiat jne.

4. Ettekandes esitatakse teadusliku tunnetuse struktuuri loogiline mudel, mis võimaldab ühetähenduslikult eristada nelja probleemitaset uurimises, nimelt: a) spetsiaalteaduslikud probleemid, b) uurimismetoodika probleemid, c) tulemus-

te läbitöötamise metoodika probleemid, d) metodoloogia probleemid. Mudel võimaldab selgitada ka teaduse metodoloogia ja gnoseoloogia vahetõrget. Selgub, et dialektiline materialism oma loogilises funktsioonis (=dialektiline loogika) esineb kui metaloogika spetsiaalteadusliku ja mistahes järku metodoloogilise uurimistaseme suhtes.

5. Mudel võimaldab selgitada teaduse aine ja objekti vahetõrget ning näidata, millistel juhtudel on vajalik nende eristamine. Metodoloogiline uurimine osutub eriteaduse seisukohalt mõõdapääsmatuks siis, kui erinevad uurimisprotsessid annavad loogiliselt vasturääkivad kirjeldused. Objekti ja aine mitteeristamine ning nende samastamine objekti kirjeldusega (s. t. objekti käsitlemine teadmiste vormis) on üks subjektiivse idealismi tunnetusteoreetilisi aluseid.

6. Omaette probleemideringi moodustab õpetamise metoodika, mille aluseks peab olema tunnetusteooria tervikuna. Teadmiste süsteem, mis kuulub teatava miinimumina ülekandmisele uuele inim põlvkonnale, tuleb spetsiaalsel viisil eraldada ja üles ehitada (nn. translatsiooniprobleem). Peamine on sel alal praegu küsimus "mida õpetada?" Küsimus "kuidas õpetada?" on teisejärguline seni, kuni peaprobleem on lahendamata.

7. Juhitakse tähelepanu mõnedele metodoloogia-alastele uurimissuundadele, mida viljeldakse Eesti NSV-s.

#### K i r j a n d u s .

1. Методологические проблемы науки, Москва 1964.
2. Методологические проблемы современной науки, Москва 1964.
3. Проблемы научного метода, Москва 1964.
4. Проблемы логики научного познания, Москва 1964.
5. Формальная логика и методология науки, Москва 1964.
6. Кедров, Б.М., Единство диалектики, логики и теории познания, Москва 1963.

7. Щедровицкий, Г.П., Проблемы методологии системного исследования, Москва 1964.
8. Logic, Methodology and Philosophy of Science, Stanford 1962.
9. Groot, A.D., Methodologie, Monton 1961.
10. Ritchie, A.D., Scientific Method, Littlewood 1960.
11. Toulmin, S., The Philosophy of Science, London 1958.
12. Nagel, E., The Structure of Science, London 1961.
13. Kraft, V., Erkenntnislehre, Wien 1960.

MÕÖTMISTEHNKA KAASAEKSES TEADUSLIKUS  
EKSPERIMENDIS.

U. V e i s m a n n .

ENSV TA Füüsika ja Astronoomia Instituut.

Materiaalse maailma objektiivsete seaduspärasuste avastamine ja nende väljendamine kvantitatiivsel kujul toimub täppisteadustes kas eksperimentaalsete andmete kogumise ja järgneva teoreetilise läbitöötamise teel või vastupidi, teoreetiliste oletuste eksperimentaalse kontrolli teel. Mõlemal juhul on vajalikud nn. tehnoloogilised vahendid, mis võimaldaksid efektiivselt, ökonoomselt ja usaldatavalt loodusest informatsiooni ammutada ja seda ümber töötada. Põhiliseks informatsiooni hankimisviisiks on mõõtmiseksperiment, millest saadakse uuritava objekti (nähtuse) arvulised karakteristikud ning muud olukorda iseloomustavad andmed: mõõdetavad, määratavad või kindlate kriteeriumide alusel hinnatavad suurused (lineaarmõõtmed, aeg, temperatuur, valgusvoog, värvus jne.). Katse suhtes eelduslik või tulemuslik andmestik registreeritakse. Eksaktseid mõõtmisi, andmete registreerimist ja matemaatilist töötlemist rakendatakse kaasajal ka paljudes mitte-täppisteadustes. Matemaatilised meetodid andmete töötlemiseks arenevad kiiresti ja on praegu hästi varustatud arvutustehniliste vahenditega; kuni viimase ajani olid aga andmete hankimise meetodid ja vahendid mahajäänud, industrialiseerimata. Kiiretel ja täpsetel elektronarvutitel töödeldakse tihti peale madala ja ebaühtlase täpsuse ning usaldatavusega käsitsi registreeritud mõõtmisandmeid. On vajalik mõõtmiste kui vaimse töö sfääri kuuluva tegevuse automatiseerimi-

ne, pealegi ületavad masinad töödeldava informatsiooni kvaliteedi ja kvantiteedi poolest inimese /1/.

Senises teadusliku eksperimendi mõõtmistehnikas domineerisid kaudsed elektrilised mõõtmised, mille puhul mõõdetav suurus vastava mõõteelemendi - anduri poolt muundatakse elektriliseks signaaliks ja siis tavaliste elektrimõõtmiste vahenditega edasi antakse, teisendatakse ning registreeritakse. Elektrimõõtmistes valitsevad praegu järgmised arengusuunad: 1) informatsiooniteooria rakendamine, 2) numbriliste mõõteriistade loomine, 3) arvutuslülide kasutamine mõõtmisahelates, 4) mõõtmiste automatiseerimine ja 5) registreerimine informatsioonikadudeta, kiiresti ja sobivas vormis. Kaasaegse teadusliku eksperimendi andmestik vajab veel enam: suure hulga täpsete mõõtmiste kiiret teostamist, tulemuste esialgset läbitöötamist ja edasiandmist või registreerimist masinarvutitele sobivas vormis, eksperimenti juhtiva teadlase töö automatiseerimist. Et tegemist on tõsiste raskustega, olgu näidetena toodud, et USA aatomiuurimiskeskuses Oakridges oli juba 1946.a. kasutusel 200 000 mitmesugust mõõteriista kilpide kogupikkusega 17 km (Šveitsi ajakirjanduse andmeil /2/); üks raketitelemetriasisüsteeme (firma Lockheed, USA) aga annab välja mõõtmistulemusi kiirusega 100 000 sõna (1,6 miljonit bitti) sekundis. Üleminek hulgalt erinevatelt ja killustatud mõõteriistadelt kõrgelt organiseeritud tsentraalsetele informatsioonimasinatele ja -süsteemidele on mõõdapääsmatu ning mitmetes tehniliste teaduste ja täppisteaduste harudes see juba toimub.

Mõõtmis-informatsioonisüsteemid MIS (ka andmete töötlemise süsteemid, Data Processing Systems, Datenverarbeitungsanlagen) on seadmed automaatseks mõõtmiseks, juhtimiseks ja informatsiooni töötlemiseks teatud algoritmi järgi. Resultaatideks võivad olla spetsiaalselt töödeldud hulgaliste mõõtmiste andmed, kompleksnäitajad või automaatjuhtimise signaalid, mis väljastatakse lugemiseks, edasiandmiseks või masintöötlemiseks sobival kujul. Olenevalt otstarbest ja esitatavatest nõudmistest moodustatakse MIS järgmiste blokkide

kombinatsioonidena /3, 4/: 1) sisendseadmed: mõõteelemendid-andurid (numbrilised ja analoogandurid), analoog-numbrilised muundid (numbrilised voltmeetrid), funktsionaalse teisendamise analooglülid, andurite kommutaatorid, graafikute numbrilissustamisseadmed, numbrilised kood-kellad, 2) töötlemisblokid: analoogarvutid, spetsiaalsed ja universaalsed numbrilised elektronarvutid, mitmesugused mäloblokid, programm- ja juhtimisblokid, 3) väljundseadmed: trükkimisseadmed, kaartide ja lintide perforaatorid, koodide teisendusblokid, informatsiooni vahetamise kanalid, kood-analoog muundid, graafikute joonistamise seadmed.

Lihtsaim MIS on automaatne numbriline voltmeeter koos sisendi ümberlülitiga ja trükkimisseadmega. Sellised mõõtmistulemuste numbrilise registreerimise riistad (ЭЦ П-1 - NSV Liit, Solartron LP981 - Inglismaa) võimaldavad järjestikusest mõõta mõnekümne anduri väljundpinget umbes 0,1 % täpsusega ja tulemusi trükkida paberile. Täiuslikumad MIS on tsentraliseeritud kontrolli masinad, mis mõõdavad sadu sisendsignaale, töötlevad mõõtmistulemusi spetsiaalsetel elektronarvutitel kindla programmi kohaselt ja on varustatud mitmekesiste numbriliste ja analoogtüüpi väljundseadmetega (ПЧМБ-, МАРС-, ЭЦПВ - ja "Зенит" -tüüpi masinad Nõukogude Liidus). Pooljuhtidel tsentraliseeritud kontrolli masin МАРС-УБ mõõdab ja registreerib näiteks kuni 500 sisendsignaali kiirusega 10 mõõtmist sekundis ja täpsusega 0,5 - 1 %. Mõõdunud aastal töötati ka Struve-nim. observatooriumis välja vaatlusandmete numbrilise registreerimise süsteem tähtede elektrofotomeetriliste vaatluste andmete perfokaartidele kandmiseks ja trükkimiseks. Juhtimismasinade tüüpi MIS koostisse kuulub peale juhtimissignaali sisend- ja väljundblokkide veel võimsam numbriline elektronarvuti, mis omadustelt ei jää maha universaalsetest elektronarvutitest. Praegu Tartu Jacks projekteeritava 1,5-meetrilise läbimõõduga peegelteleskoobi MIS pooljuhtidel elektronarvuti karakteristikud on näiteks järgmised (orienteeruvalt): keskmine kiirus 75 000 operatsiooni sekundis, mälu maht 12 288 24-kahendkohalist sõna, 512 and-

mete sisendkanalit, sisseehitatud numbriline kvartskell, informatsiooni väljastamine või salvestamine trükkimise, magnetlindile kandmise, perforeerimise, juhtimissignaalide ja telegraafikoodi kaudu.

Rea uurimisasutuste ja firmade poolt on välja töötatud MIS-id, mis määravad ainete koostisi spektraalanelüüsi andmete otsese töötlemise teel /5/, samuti aga ka palju muid teaduslikke mõõtmis-registreerimismasinatena kasutatavaid süsteeme (meteoinformatsiooni allikate, elektroentsefalograafide, seismograafide, mass-spektromeetrite jt. tehniliste, füüsikaliste, keemiliste, bioloogiliste riistadega). Mõõtmis-informatsioonisüsteemide kasutuselevõtmine on kõigis suurema hulga praktiliste andmetega opereerivate teadusharude uurimistehnikais mõõdapääsmatu, nagu matematiseerumine ja industrialiseerumine teaduses üldse.

#### K i r j a n d u s .

1. Карандеев, К.Б., Измерения в автоматизации умственного труда, "Измерительная техника" 1960, nr. 3.
2. Темников, Ф.Е., Автоматические регистрирующие приборы, Машгиз 1960.
3. Бутусов, И.В., Цифровые устройства для автоматического контроля, измерения и управления, Изд.Недра 1964.
4. Flynn, G.J., Digital Instrumentation, Electronics 37 nr. 16, 57 - 72, 1964.
5. Aslund, N.R.D., Cronhjort, B.T., Evaluation of Spectrochemical Data Using Digital Techniques, IBM Jour. of Res. and Dev. 8 nr. 2, 160-169, 1964.

TÖENÄOSUSTEORIA JA MATEMAATILISE STATISTIKA  
ELEMENTIDE KÄSITLEMISE VAJALIKKUSEST KOOLIS.

K. V e l s k e r .  
Tartu Riiklik Ülikool.

Üldharidusliku polütehnilise keskkooli reformimine Nõukogude Liidus vältab juba pikemat aega. Viimastel aastatel on see saanud järjest kasvavat hoogu tänu samadele probleemidele rahvusvahelises ulatuses /1/, /3/, /4/, /5/.

Matemaatika õpetamise seisukohalt on reformimise käigus kerkinud päevakorraks rida probleeme. Üheks nendest niimeil Nõukogude Liidus kui ka rahvusvahelises ulatuses on matemaatika kooliprogrammide ja õpetamismeetodite kaasajastamise ning elulähedasemaks muutmise nõue.

Kui seni püüti neid nõudeid rakendada olemasolevate programmide kohendamise ja parandamisega, siis praegu on küsimus üles tõstatatud laiemalt. Peetakse vajalikuks koostada algusest lõpuni täiesti uued matemaatika programmid. Neis uutes programmides peaks olema uusi teemasid, mis aitaksid koolimatemaatikat elule lähendada ning vastaksid ühtlasi kaasaegse matemaatika nõuetele. Sealjuures ollakse arvamusel, et üksikute teemade paigutust ning meetodilist käsitlemist tuleb põhjalikult muuta. Loomulikult langeks seejuures osa seniseid teemasid programmist välja ja osa tuleks käsitlemisele uuel viisil.

Üheks teemaks, mis peaks kõrgema matemaatika elementide kõrval (piirväärtus, tuletis, integraal) leidma koha kooliprogrammis, on tõenäosusteooria ja matemaatilise statistika elemendid.

Soovitusi nimetatud teema viimiseks üldharidusliku kooli kursusesse on andnud nii üksikud sotsialistlikud kui ka kapitalistlikud riigid, kuid eeskätt siiski matemaatikute rahyusvahelised konverentsid, sümposionid jne. /3/, /4/, /5/.

Miks seda teemat soovitatakse lülitada kooliprogrammi? Püüame esitada need põhjused lühidalt;

1. Vastava peatüki olemasolu koolikursuses aitaks õpilastel ja hiljem kooli lõpetanutel paremini orienteeruda meie igapäevases laiahaardelises ja mitmekülgses elus.

2. Tõenäosusteooria ja matemaatilise statistika elementide tundmine on vajalik neile, kes asuvad tööle sinna, kus tuleb koguda kasvõi kõige lihtsamatki statistilist materjali ja teha selle põhjal kasvõi kõige lihtsamaidki järeldusi ning üldistusi.

3. Tõenäosusteooria ja matemaatilise statistika elementide tundmine on hädavajalik ka neile, kes on seotud igasuguse aruandlusega, ja neile, kel tuleb aruannetes olevate näitajate põhjal otsustada sama liiki ettevõtete või asutuste töö üle. Matemaatilise statistika algete tundmine on veel vajalik isikutel, kellel tuleb organiseerida sotsialistlikku võistlust ja teha võistluste tulemuste põhjal kokkuvõtteid.

4. Otseselt tootvale tööle siirdunud lõpetajad saavad koolis omandatud statistikaalaste teadmistega kaasa aidata ettevõtte toodangu kvaliteedi parandamisele.

5. Väga tähtis osa on tõenäosusteooria ja matemaatilise statistika elementidel teistes teadusharudes, nagu arstiteaduses, bioloogias, majandusteaduses jne. - üldiselt teadustes, kus tegeldakse katseandmete läbitöötamisega. Siia hulka kuulub ka pedagoogika.

6. Nõukogude Liidus ja teatud määral ka Eesti NSV-s on hakatud viimastel aastatel teostama sotsioloogilisi uurimusi, mis baseeruvad täielikult matemaatilisel statistikal.

7. Ei tohi alahinnata ka kõnesoleva ainelõigu kasvatus-

likku tähtsust. Nimetatud küsimuste tundmine õpetab õpila-  
si statistilisi andmeid kriitiliselt hindama ja igakülgsest  
analüüsima. Muuhulgas on see vajalik kapitalistlikus ajakir-  
janduses esitatavate statistiliste andmete hindamisel.

8. Praeguse koolimatemaatika kursuse teljeks on funktsionaalse sõltuvuse mõiste, mille osatähtsus suureneb jär-  
jest enam seoses piirväärtuse, tuletise ning integraali  
mõiste sisseviimisega kooli. Kuid kaugeltki mitte kõik prot-  
sessid ei kulge elus funktsionaalsete seoste järgi, vaid vä-  
ga paljud alluvad statistilistele seaduspärasustele. Selle-  
pärast on tarvis koolimatemaatika kursust "tasakaalustada"  
statistiliste nähtuste mõistega ja viia seega kogu kursus  
paremasse vastavusse igapäevase reaalse eluga.

#### K i r j a n d u s .

1. Jelinek, M., Die Modernisierung des Mathematikunterrichts  
in den unteren Klassen. "Mathematik in der  
Schule" 1965, nr. 2.
2. Бощу, В.М., Международная комиссия по математическому  
образованию, "Математика в школе" 1964, nr. 2.
3. Гайдук, Ю.М., Об опыте модернизации курса математики в  
швейцарской средней школе "Математика в шко-  
ле", 1963, nr.5.
4. Заключение и рекомендации международного симпозиума по  
вопросам преподавания математики. "Матема-  
тика в школе, 1963, nr. 3.
5. Черкасов, Р.С., Об итогах международного симпозиума в  
Будапеште. "Математика в школе", 1963, nr. 3.

## DÜNAAMILINE PLANEERIMINE JA VARIATSIOONARVUTUS.

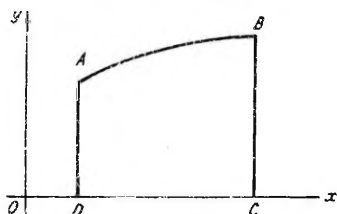
E. V i r m a .

Tartu Riiklik Ülikool.

Väga paljud majandusliku tegevuse planeerimise ja automaatjuhtimise probleemid taanduvad lisatingimustega ekstreemumülesannete lahendamisele. Selliste ülesannete lahendamiseks vajalike meetodite väljatöötamisega tegeleb planeerimise matemaatiline teooria.

Dünaamilises planeerimises käsitletakse niisuguseid mitmeetapilisi planeerimisülesandeid, kus eelnevate etappide tulemused muudavad järgnevate etappide lähteandmeid. Selliste mitmeetapiliste ülesannete matemaatiline käsitlus taandub mitmemuutuja funktsiooni ekstreemumi leidmisele. Kui etappide arv on suur, siis osutuvad klassikalised meetodid nende lahendamiseks väga tömahukateks. Dünaamilise planeerimise meetodid lubavad taandada  $n$ -muutuja funktsiooni ekstreemumi leidmise tunduvalt väiksema arvu muutujatega funktsioonide süsteemi ekstreemumite leidmisele.

Praktikas tekib sageli vajadus selliste ülesannete lahendamiseks, kus on tegemist mingi funktsionaali ekstreemaliseerimisega. Klassikaliseks näiteks on siin nn. isoperimeetriline probleem: leida antud pikkusega kinnise joone kuju, nii et selle joonega piiratud pinnatüki pindala oleks maksimaalne. Kui vaadelda ülesannet, kus vastava pinnatüki all on mõeldud joonisel 1 esitatud joontrapetsit ABCD, siis oleks ülesande sõnastus järgmine: leida punkte A ja B ühendava joone kuju, nii et joontrapetsit ABCD pindala oleks maksimaalne, kusjuures punktide A ja B vahelise kaare pikkus on antud ( $AB = z$ ).



Joon. 1.

variatsioonülesannetena. Osutub, et kasutades optimaalsuse printsiipi (vt. /1/ lk. 105, § 3), saab variatsioonülesandeid taandada dünaamilise planeerimise ülesannetele. Seejuures on võimalik elementaarsete teisendustega formaalselt tuletada variatsioonarvutuse põhilised tingimused, nagu Euleri võrrand, Legendre'i tingimus jt.

Selline uus käsitlusviis lubab variatsioonülesannete lahendamisel kasutada dünaamilise planeerimise meetodeid, mis paljudel juhtudel osutuvad arvutuslikus mõttes otstarbekohasemateks klassikalistest võtetest. Näiteks ülaltoodud joontrapetsi pindala maksimiseerimise ülesandele võiks optimaalsuse printsiipi rakendada järgmisel kujul: milline ka ei oleks ekstremaliseeriva kõvera lõik AR ( $AR = z_1$ ), ülejäänud kõvera EB kuju peab olema selline, et vastava joontrapetsi RBCL pindala on maksimaalne tingimusel, et R ja B vahelise kõvera pikkus on  $z = z_1$ .

Taandame antud isoperimeetrilise ülesande dünaamilisele planeerimisele. Probleemi sõnastus on järgmine: leida

$$\max_y \int_a^b y dx$$

tingimusel, et  $y(a) = c$ ,  $y(b) = d$ ,  $\int_a^b \sqrt{1 + y'^2} dx = z$ .

Funktsionaali  $\int_a^b y dx$  maksimum sõltub kolmest muutujast  $a$ ,  $c$  ( $y(a) = c$ ) ja  $z$ .

$$f(a, c, z) = \max_y \int_a^b y dx,$$

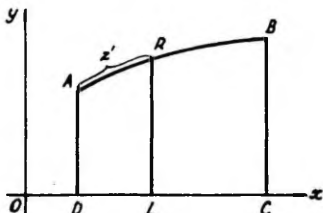
kus

$$z = \int_a^b \sqrt{1+y'^2} dx .$$

Kasutades optimaalsuse printsiipi, saame funktsionaalvõrrandi kujul

$$f(a, c, z) = \max_{\Delta} \left[ y \Delta + f(a + \Delta, c + y' \Delta, z - \sqrt{1+y'^2} \Delta) \right]$$

kus  $y'(a) = v$ .



Joon. 2.

teülesande asendamises vastava diskreetse ülesandega. Selle meetodi puhul saadakse lähteülesande asemel rekurrentsete seoste süsteem, mille lahendamisel on rida eeliseid eelkõige arvutuste lihtsustamise mõttes.

See võrrand taandub mittelineaarseks osatuletistega diferentsiaalvõrrandiks, mille lahendamiseks kasutatakse numbrilisi võtteid.

Teine meetod, mis on rohkem omane dünaamilisele planeerimisele, seisneb pideva läh-

#### K i r j a n d u s .

1. Беллман, Р., Динамическое программирование, Москва 1960.
2. Bellman, R.E., Dreyfus, S.E., Applied Dynamic Programming, Princeton University Press, 1962.
3. Dreyfus, S.E., Dynamic Programming and the Calculus of Variations. "Actes 2 Congr. internat. rech. opérat. Aix-en-Provence, 1960", Paris 1961, 142-149.

KÕRGEMA MATEMAATIKA PROGRAMMEERITUD ÕPETAMISEST  
EESTI PÕLLUMAJANDUSE AKADEEMIAS.

H. Õ i g l a n e .

Eesti Põllumajanduse Akadeemia.

Matemaatika õn oma olemuselt üks niisugustest distsipliinidest, mis annab kõige enam võimalusi programmeeritud õpetamise rakendamiseks. Eriti efektiivseks osutub matemaatika programmeeritud õpetamine Eesti Põllumajanduse Akadeemias, kus kõrgema matemaatika üldkursust õpetatakse suuremas või väiksemas ulatuses peaaegu kõigi osakondade noorematel kursustel. Seejuures on pearõhk pandud aga üldiste teoreetiliste seisukohtade rangele põhjendamisele. Seepärast on matemaatika õpetamisel Eesti Põllumajanduse Akadeemias oluline, et üliõpilased lahendaksid iseseisvalt võimalikult palju harjutusülesandeid, kusjuures neil endil peab olema võimalus kontrollida lahenduskäigu ja ülesande vastuse õigsust.

Individuaalse töö osatähtsus matemaatika õppimisel Eesti Põllumajanduse Akadeemias tõuseb veel seetõttu, et sinna asuvad õppima äärmiselt erineva matemaatika-alase ettevalmistusega inimesed (aiandustehnikum, keskkool jm.). Üliõpilaste matemaatika-alaste teadmiste taseme ühtlustamine on siin jällegi kõige efektiivsem juhul, kui üliõpilasel on võimalik ennast kontrollides individuaalselt töötada.

Eelnevast nähtub, et matemaatika programmeeritud õpetamine on Eesti Põllumajanduse Akadeemia tingimustes äärmiselt vajalikuks õppemetoodiliseks võtteks, mille rakendamise metoodika nõuab aga veel konkreetset väljatöötamist.

Esimesed katsed kõrgema matemaatika programmeeritud õpetamise rakendamiseks tehti Eesti Põllumajanduse Akadeemia maakorralduse ja matemaatika kateedris 1964/65. õppeaastal. Et saada võrdlusandmeid programmeeritud õpetamise efektiivsuse kohta, teostati osas õpperühmades paralleelselt õppetööd ka vana "klassikalise" meetodika järgi. Programmeeritud õpetamise eksperiment tehti ka Eesti Põllumajanduse Akadeemia bioloogiaosakondade kaugõppe üliõpilastega.

Katsete esialgsed tulemused näitavad, et matemaatika programmeeritud õpetamise rakendamine õigustab end isegi praeguste tehniliselt primitiivsete vahendite korral täielikult. Täiuslikumate abivahendite rakendamine peaks programmeeritud õpetamise efektiivsust veelgi tõstma. Katsete käigus selgus ka, et programmeeritud õpetamine ei saa piirduda ainult matemaatika harjutustundidega, vaid see nõuab ka loengukursuse mõnesugust meetodilist ümberkorraldamist.

Näib olevat otstarbekohane laiendada edaspidi programmeeritud õpetamist kogu Eesti Põllumajanduse Akadeemias õpetatavale matemaatikakursusele. Tuginedes juba saadud kogemustele tuleb seejuures õpetamise meetodikat ja programme nähtavasti veel pikema aja jooksul täpsustada.

## S i s u k o r d .

U. Agur ja M. Jaagus. Programmeeritud õpetamise rakendamise ja probleemid Tallinna Polütehnilises Instituudis. . . . .	3
J. Einasto. Teadusliku töö produktiivsusest . . . . .	8
A. Haamer. Programmeeritud õpetamise kogemusi funktsionaalse sõltuvuse kordamisel keskkooli lõpuklassis. . . . .	9
A. Haav, K. Piir, A. Tammik, L. Tuvikene. Õhukeste kih- tide saamisest ja nende praktilisest kasuta- misest . . . . .	11
J. Hendre. Ostsillograafiline meetod füüsika praktiku- mides. . . . .	15
E. Jürimäe. Kaasaegne matemaatika ja matemaatika õpeta- mise ülesanded . . . . .	19
Ü. Kaasik. Matemaatilise planeerimise põhisuundadest. .	24
H. Kaidro. Õppetöö ratsionaliseerimine lihtsate tehni- liste vahendite abil . . . , . . . . .	27
G. Kangro. Mõned ridade teooria uurimissuunad Eesti NSV-s . . . . .	29
P. Kard. SI-süsteem teoreetilises füüsikas. . . . .	33
M. Kauri. Arvutusprogrammide koostamiseks keskkoolis omandatud kogemustest. . . . .	37
M. Krull. Programmeerijate ettevalmistamisest Tartu I Keskkoolis. . . . .	39
H. Kull. Pistikplaatide kasutamisest keskkooli mate- matikatundides . . . . .	41

I. Kull. Matemaatikaalaseid probleeme seoses õppeprotsessi optimeerimisega. . . . .	44
G. Laugaste. Õppediafilm emakeele tunnis. . . . .	49
Ü. Lepik. Mõningatest plastilisusetooria rakendustest.	52
Tš. Luštšik, H. Käämbre. Füüsilised protsessid ioonkristallides . . . . .	53
J. Lõhmas. Sümmetrilise mikrokosmose matemaatilised probleemid . . . . .	56
A. Nilson. Sõltuvust iseloomustavate statistikute interpreteerimisest. . . . .	60
K.-S. Rebane. Füüsikute ettevalmistamisest vabariigi teaduslikele asutustele ja tööstustele Tartu Riiklikus Ülikoolis perioodil 1961.-1970. . .	64
K.-S. Rebane, L. Uibo, V. Vassiltšenko, E. Talviste. ZnS-tüüpi lüminofooride elektrolüminestsentsi uurimisest TRÜ-s. . . . .	68
J. Reimand. Majanduslikud küsimused keskkooli matemaatikakursuses . . . . .	72
J. Reinet. Elektroaerosoolide-alastest uurimistöödest Tartu Riiklikus Ülikoolis. . . . .	77
A. Telgmaa. Järkjärgulise lähendamise meetodi olemusest.	84
K. Toim. Perfoplaadi rakendamise kogemusi Tartu Riiklikus Ülikoolis. . . . .	86
L. Valt. Teaduse metodoloogia aktuaalseid probleeme . .	89
U. Veismann. Mõõtmistehnika kaasaegses teaduslikus eksperimendis. . . . .	92
K. Velsker. Tõenäosusteooria ja matemaatilise statistika elementide käsitlemise vajalikkusest koolis. .	96
E. Virma. Dünaamiline planeerimine ja variatsioonarvutus . . . . .	99
H. Õiglane. Kõrgema matemaatika programmeeritud õpetamisest Eesti Põllumajanduse Akadeemias . . . .	102

Тартуский государственный университет  
ЭССР, г. Тарту, ул. Оликооли, 18

РЕЗЮМЕ ДОКЛАДОВ  
III НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
ПОСВЯЩЕННОЙ 25-летию ЭСТОНСКОЙ ССР  
"ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ И МЕТОДИКИ  
ТОЧНЫХ НАУК В ЭСТОНСКОЙ ССР"

На эстонском языке

---

Vastutav toimetaja M. Veske  
Korrektor E. Oja

=====

TRÜ rotaprint 1965. Trükipoognaid 5,56. Tingtrüki-  
poognaid 5,26. Arvestuspoognaid 4,75. Trükiarv 500.

Paljundamisele antud 12.IV 1965. MB 03227.

Teil. nr. 126.

Hind 33 kop.

Hind 33 kop.