TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

Anorgaanilise keemia kateeder

ÕPILASTE TEADMISTE STRUKTUURI UURIMISEST KÜLLASTAMATA SÜSIVESINIKE NÄITEL

Diplomitöö

Töö teostaja: E. J e s s e
keemiaosakonna V kursuse üliõpilane

Töö juhendaja: A. T õ l d s e p p
vanemõpetaja

TARTU, 1971

S I S U K O R D

SISSEJUHATUS 3

I. UURIMISMEETODID PEDAGOOGIKAS JA KEEMIA ÕPETAMISE METOODIKAS 5

1. Modelleerimise ülesanded, üldine liigitus 7

2. Modelleerimise vahendid 14

2.1. Tõenäosusteooria ja matemaatiline statistika 14

2.2. Graafiteooria 22

2.3. Küberneetiline lähenemisviis õppeprotsessi uurimisel 34

II. ÕPPEAINE ÜLESEHITUSE TEOORIAST 39

III. ÕPPEMATERJALI OMANDAMINE 50

1. Omandamine ja selle psühholoogilised komponendid 50

2. Õpilaste teadlik suhtumine õppetöösse 54

3. Meelelise tunnetuse protsessid õppematerjali omandamisel 56

4. Mõtlemine kui õppematerjali omandamise peamine protsess 57

5. Mälu- ja reprodutseeriva fantaasia osa teadmiste omandamisel 60

IV. ÕPILASTE TEADMISTE STRUKTUURI EKSPERIMENTAALNE UURIMINE 62

1. Etüüni teema üldiseloomustus ja õpetamise metoodika 63

2. Õpilaste teadmiste struktuuri uurimise metoodikast 66

3. Järeldusi 82

KOKKUVÕTE 87

RESÜMEE 89

KASUTATUD KIRJANDUS 91

LISA 97

S I S S E J U H A T U S

Õppeaine, õpetamine, õppimine on kolm tihedalt seotud õppeprotsessi koostisosa. Õppeaine on seotud teadmiste kujunemise ja omandamise protsessiga. Tema kaudu antakse õpilastele mitmesuguseid teadmisi, oskusi, vilumusi, mis kindlustavad noorte lülitumise kõige erinevamatesse tootmis- ja ühiskondliku tegevuse sfääridesse. Õppeaine on kui mehhanism, mille kaudu saab inimene teaduslike teadmiste tegelikuks kandjaks.

Igal õppeainel ja selle osal on oma struktuur. Õppeaine struktuuri moodustavad faktide, mõistete, seaduspärasuste ja teooriate vahelised vastastikused seosed. Üheks sobivaks meetodiks õppeaine struktuuri uurimisel on graafiteooria kasutamine.

Omandamist iseloomustab reprodutseeritavate teadmiste õigsus, täielikkus, püsivus, reprodutseerimise kiirus jne. Omandamine sõltub kasutatud õppemeetoditest, õppeaine struktuurist, õpilaste vaimsetest iseärasustest.

Käesolevas diplomitöös on püütud eksperimentaalselt määrata õpilaste teadmiste struktuuri, et selgitada, kas õpilaste teadmiste struktuur vastab õppeaine struktuurile, missugused seosed on õppeaine struktuuri elementide vahel õpilaste teadmistes jne. Pedagoogiliseks eksperimendiks valiti X klassi orgaanilise keemia kursusest teema

"Etüün". Nimetatud teema kohta viidi läbi test 142 õpilasega kolmes Eesti NSV üldhariduslikus koolis (Tartu II, V ja Nõo Keskkool), mille alusel püüti selgitada õpilaste teadmiste struktuuri ja tegureid, millest see sõltub.

Diplomitöös on antud ka ülevaade uurimismeetoditest pedagoogikas ja keemia õpetamise metoodikas, kusjuures peatähelepanu on pööratud matemaatiliste ja loogiliste meetodite kasutamisele. Lähidalt on peatutud omandamisprotsessi didaktilisel ja psühholoogilisel iseloomustusel.

Diplomitöö koostamisel on kasutatud matemaatika, pedagoogika, psühholoogia ja keemia õpetamise metoodika alast kirjandust.

I. UURIMISMEETODITEST PEDAGOOGIKAS JA KEEMIA ÕPETAMISE METOODIKAS

Oma mälestustes toob Paul Lafargue järgmise K. Marxi mõtte: "...teadus saavutab alles siis täiuslikkuse kui temas õnnestub kasutada matemaatikat" (41, lk. 66).

Kiiresti laieneb uurimisvaldkondade arv, kus õnnestub efektiivselt kasutada matemaatilisi meetodeid. Matemaatiliste meetodite kasutamine on üheks kaasaja teaduse arenemist iseloomustavaks jooneks (38).

Laienevad "konkreetse teaduse" traditsioonilised raamid. Kaasajal lülitab matemaatika oma sfääri bioloogia ja sotsioloogia, filosoofia ja psühholoogia, õigusteaduse ja ajaloo. Matemaatika kasutamine võimaldab sügavamalt mõista uuritavate nähtuste olemust ja seaduspärasusi, lubab ette näha nende arenemise suundi erinevatel tingimustel, annab võimaluse neid paremini juhtida ja praktiliselt kasutada (34). Ja kõikjal toob ta kaasa teadmiste märgatava progressi, uued hinnatud resultaadid avavad täpsele teaduslikule uurimisele uued valdkonnad (38).

Pedagoogikateadused on kuni viimase ajani kõrvale jäänud sellest intensiivsest protsessist. Muuhulgas on just pedagoogikas suur hulk probleeme, mis on praeguseni lahendamata, seoses sellega, et uurijate arsenalis ei leidu sobivaid meetodeid, mis võimaldaksid pedagoogika põhi-

seaduse kvantitatiivset ja struktuurset tundmaõppimist (34).

Suur ja vastutusrikas ülesanne seisab nõukogude pedagoogika kui teaduse ees, mis nõuab tema edasiliikumist kvalitatiivselt uuele, palju kõrgemale astmele. Pedagoogiline teadus peab leidma tee oma seaduspärasuste palju täielikumaks väljendamiseks ja formuleerimiseks. See võimaldab palju paremini rahuldada kasvatuse ja hariduse praktilisi vajadusi (38).

Sellise tee avab pedagoogika ees keeruliste sotsiaalpsühholoogiliste protsesside ja süsteemide uurimise mõningad matemaatilised meetodid, mis põhinevad tõenäosusteoorial, matemaatilisel statistikal, küberneetikal, informatsiooni ja kommunikatsiooni teoorial, operatsioonide uurimise teoorial, aga samuti kaasaegse tehnika arvutus- ja modelleerimisvahenditel.

Rida katseid, mis on ette võetud selles valdkonnas, näitavad niisugust tüüpi meetodite ja vahendite kasutamise võimalikkust mitte ainult pedagoogika seaduspärasuste lahtimõtestamise jaoks, lähtudes uuest vaatekohast, vaid ka pedagoogilise teaduse ja praktika konkreetsete küsimuste tegelikuks lahendamiseks (34, 35, 47, 51).

Töe kriteerium on praktika. Sellepärast on praegu peamine mitte ainult uute matemaatiliste ja küberneetiliste meetodite soovitatavuse kaitsmine pedagoogilisteks uurimusteks, vaid eelkõige nende meetodite pedagoogiliseks uurimiseks kasutamise konkreetsete teede väljatöötamine ja teoreetiliste ning praktiliste otsingute läbi-

viimine (34).

1. Modelleerimise ülesanded ja üldine liigitus

Eespidi vaadeldakse teoreetilisi uurimistöid, mille põhiideeks on modelleerimine.

Iga seadus on üheks aspektiks ühtsuse ja seose, vastastikuse sõltuvuse ja terviklikkuse tunnetamisel maailma arengus.

Kuivõrd vaadeldav seadus kujutab endast mingit objektiivset seaduspärast seost reaalsete faktorite vahel, võib teda nähtavasti vaadelda kui reaalsuse vastava aspekti teoreetilist mudelit.

Mudeli all mõistetakse seejuures uuritavate objektide ja protsesside kindlate omaduste ja suhete isomorfset peegeldust mingite kindlate neist erinevate objektide ja protsesside omaduste ja suhete kaudu (38).

Sõltuvalt mudelis esile toodud seoste tüübist võib ta omada kvalitatiivset, kvantitatiivset ja struktuurset iseloomu. Analüüs näitab, et olles pidevalt omavahel seotud, kerkivad antud mudelitüübid teaduse ajaloos esile kui uuritavate nähtuste olemuse üha süveneva tunnetamise ja täiuslikuma ning mitmekülgsema peegelduse etapid.

Sellest vaatevinklist lähtudes asuvad pedagoogikateadused veel tunduval määral alles esimesel - uuritavate nähtuste ja protsesside tunnetamise kvalitatiivsel eta-

pil, mis nähtavasti on tingitud nende probleemide keerukusest (38).

A.S.Makarenko rõhutas, et pedagoogika on kõige dialektilisem, kõige keerulisem ja kõige mitmekesisem teadus (34).

Õppeprotsessi iseloomustab see, et ta ei kulge üheselt. Kasutades ühesuguseid õpetamise ja kasvatamise objektiivseid tingimusi - programme, meetodeid, vahendeid jne. -, annavad nad igal konkreetsel juhul natukene erinevaid resultaate, mis sõltuvad subjektiivsete faktorite konkreetsetest erinevustest ning mittekontrollitavatest faktoritest, mis ilmnevad pedagoogiliste protsesside kulgemisel. Selle poolest erineb pedagoog-uurija olukord teadlase olukorrast, kes töötab konkreetse teaduse valdkondadega. Teadlane, viies läbi ühesuguseid eksperimente samadel tingimustel ja samade meetoditega, saab alati ühesuguseid resultaate. Pedagoog töötab õpilastega ja situatsioonid pidevalt muutuvad. Kunagi oli Kreeklit öelnud, et ei saa astuda kaks korda samasse jõkke, sest vesi, mis oli seal esimene kord, on juba ära voolanud. Pedagoogilistel uurimistel ei saa kunagi korduda kaks korda üks ja sama eksperiment, sest ajavahemiku jooksul muutuvad õpilased ja kasvatamise tingimused. Uued resultaadid erinevad seetõttu eelnevatest (34).

Matemaatiliste meetodite kasutamine pedagoogikateaduste uurimisel püüab lõppeesmärgina selle poole, et viia antud teadused tunnetuse palju kõrgemale astmele - uurita-

vate kvalitatiivsete suhete kvantitatiivsele ja struktuursele tunnetamisele. Psühholoogiliste ja pedagoogiliste nähtuste ning protsesside uurimise peamine ülesanne seisab kvalitatiivseid ja struktuurseid omadusi ning seadus-pärasusi adekvaatselt peegeldavate matemaatiliste mudelite loomises (38).

Süsteemi, mis osutub uurimise objektiks, vaadeldakse kui originaali, aga süsteemi, mida kasutatakse kui selle uurimise vahendit, vaadeldakse kui mudelit. Antud juhul on uurimisobjektideks õppeprotsess, vahendiks aga matemaatilised mudelid. Matemaatilise mudeli üheks üldiseks jooneks on tema formaalne, sümboline iseloom. Sümbolite vahelised seosed peegeldavad antud mudelis vastavate omaduste suhteid modelleeritavates objektides.

Mudel peab olema isomorfne modelleeritava reaalsusega. See tähendab, et kitsendused, mida esitab antud formaalne süsteem temas mitmesuguste sümboliliste konstruktsioonide konstrueerimisele ja muutmisele, peavad vastama kitsendustele, mida esitab loodus nende konfiguratsioonidega kokkulangevate objektide või suhete moodustamisele ja muutmisele. Siit on näha, et tulemused, mis on saadud uurimisel matemaatilise meetodiga, saavad reaalseid suhteid õigesti peegeldada vaid sellisel määral, millisel uuritava reaalse süsteemi struktuur vastab mudeliks võetud formaalse süsteemi struktuurile. Sellise vastavuse piirkonna ja piiride kriteeriumiks, kui jutt on reaalsete süsteemide uurimisest, on praktika.

Kui me tahame, et antud formaalset süsteemi oleks võimalik objektiivselt kõrvutada reaalsusega, on vaja, et tema sümbolid ja suhted oleksid interpreteeritavad kindlate suuruste ja nende suhete kaudu. Järelikult ei ole matemaatiline mudel lihtsalt sümboliline, deduktiivne süsteem, vaid sümboliline deduktiivne süsteem, mis on interpreteeritav kui mingite suuruste kindlad suhted (35).

Et mingi teoreetiline üleskirjutis oleks matemaatiline mudel, peab ta rahuldama järgmisi nõudeid:

1) esitatud sümbolitega;
2) iseloomult deduktiivne süsteem;
3) sisuliselt interpreteeritav matemaatiliste mõistetega;
4) struktuurilt isomorfne uuritavate objektide reaalsete suhetega (35,38).

Pedagoogikas kasutatavate matemaatiliste mudelite ülesandeks on näidata ära uuritavate protsesside struktuur ja kulgemise üldised seaduspärasused, mis oleksid eksperimentaalselt kontrollitavad. Selleks peab mudel vastama kolmele põhinõudele:

1) olema küllalt üldine (muidu ei oma ta teoreetilist väärtust);
2) eksperimentaalselt kontrollitav (muidu ei ole tema paikapidavust võimalik kontrollida);
3) interpreteeritav vastava psühholoogia ja pedagoogika teooria terminites (muidu jääb ta ilma reaalsest mõttest).

Põhiline takistus, mis tekib katsetes realiseerida neid nõudeid pedagoogika nähtuste mudelitel, seisneb selles,

et paljud olulised muutujad, mis mõjutavad protsesside kulgu, ei ole kättesaadavad vahetuks vaatluseks ja kvantitatiivseks iseloomustamiseks. Pedagoogikateaduste ajaloos on ära märgitud kaks olulist teed, mida mööda uurijad püüdsid ületada seda raskust.

Esimene neist seisneb kõigi vahetult mittemõõdetavate ja mittevaadeldavate muutujate kõrvaldamises mudelist (35).

Sellisel juhul peegeldab loodud mudel ainult inimese käitumise jälgitavate ja mõõdetavate suuruste struktuuri, milles avaldub inimese psühhiline tegevus. Seda nimetatakse fenomenoloogiliseks modelleerimiseks (38).

Teine tee seisneb selles, et mudel konstrueeritakse kui formaalne kirjeldus mingist inimese käitumise ja õpetamise protsessides realiseeruva psühhilise tegevuse sisemist struktuuri käsitlevast teooriast (38). Sellisel juhul sisaldab ta rea vahetult mittevaadeldavaid ja mittemõõdetavaid muutujaid, mis on seotud ühtede või teiste käitumise ja õpetamise vaadeldavate ja mõõdetavate karakteristikutega kindlate reeglite alusel.

See on struktuurse modelleerimise tee (31).

Nagu fenomenoloogilised nii ka struktuursed mudelid võivad olla sõltuvalt nende konstrueerimise meetodist kas induktiivsed või deduktiivsed. Mudeli induktiivsel ülesehitamisel lähtub uurija mingist üksikute empiiriliste andmete summast ja otsib matemaatilisi sõltuvusi, mis ligikaudu rahuldaksid nende andmete ühiseid jooni (38).

Ajalooliselt oli see meetod psühholoogias ja pedagoogikas kasutatava modelleerimise esimeseks vormiks. 1860.a. kasutas G. Feschner logaritmfunktsiooni ärritaja tegevuse ja aistingu intensiivsuse vahelise seose kirjeldamiseks. See oli esimene kvantitatiivne seadus psühholoogias. 1885.a. koostas G. Ebbinghaus "unustamise kõvera" matemaatilise mudeli, mis kirjeldas seost õppematerjali säilitamise aja ja mälus säilunud materjali vahel.

Pedagoogikas etendasid samasugust osa A. Suhharevi (1907) ja G. Robertsoni (1908) tööd, kus püüti leida kvantitatiivset sõltuvust harjutuste arvu ja teadmiste omandamise mahu vahel.

Induktiiv-statistiline lähenemine avab kindlad positiivsed võimalused mõnede pedagoogiliste nähtuste matemaatiliseks kirjeldamiseks. Kuid vaadeldud lähenemisviis on piiratud oma võimalustes. Kasutades kindlaid matemaatilisi sõltuvusi, toob uurija sellega alati sisse oletuse, et kirjeldatava reaalse protsessi struktuur on isomorfne vastava matemaatilise mudeliga. See eeldab, et kirjeldavate reaalsete muutujate muutused oleksid pidevad.

Mudeli deduktiivsel ülesehitamisel lähtub uurija vastupidi induktiivsele lähenemisviisile, mingist hüpoteesist uuritavatele psühholoogilistele nähtustele omaste üldiste seaduspärasuste kohta ja otsib faktilisi andmeid, mis läheneksid rahuldavalt mudelist väljatoodud üksikutele seaduspärasustele (34).

Üheks esimeseks katseks selles suunas oli õpetamise matemaatiline (diferentsiaalne) mudel, mis ehitati 1930.aastal L.L.Thurstoni poolt. Sõltuvalt kasutatavatest matemaatilistest võtetest võivad sellised mudelid olla diferentsiaalsed (L.Gerstot, G.Guilinsen, G.Saišot jt.) stohastilised lineaarsete operaatoritega (F.Mostiller), mittelineaarsed (A. Leputov) jne.

Need mudelid võimaldavad teha teatud uusi järeldusi uuritavate nähtuste kohta mudeli enese uurimise kaudu.

Eelnevalt esitatud mudelite analüüs näitas, et nende rakendatavuse sfääri väike laiendamine toob kaasa paikapidamatuse. Õpetamine ei osutu pidevaks protsessiks. Ta on diskreetne protsess, mis teostub terve rea sammude kaudu.

Mudeli ülesandeks on selgitada fakte ja teha kindlaid uusi järeldusi uuritavate nähtuste suhtes mudeli enese uurimise teel. Kuid praegusel ajal faktiliselt väljatöötatud mudelite kohta seda veel öelda ei saa. On vaja visalt otsida ja välja töötada teistsugused meetodid sisulise uurimise jaoks ja pedagoogiliste protsessidele ning nähtustele omaste kvantitatiivsete seaduspärasuste kirjeldamiseks.

Selleks võib kasutada mõningaid kaasaegse matemaatika ja küberneetika uusi harusid - informatsiooniteooriat, lahenduvate funktsioonide teooriat, mängude teooriat, operatsioonide uurimise teooriat, lineaarse ja dünaamilise programmeerimise teooriat jt. (35,53).

Kõik loetletud teooriad lähtuvad kindlatest väidetest uuritavate nähtuste iseloomu kohta. Nad ehitatakse üles kui laialt levinud reaalsete informatsiooni saatmise ja ümbertöötamise tõenäosusliku mudelid juhtimise ja reguleerimise käigus. Seepärast võimaldab antud meetodite kasutamine kõrvutada pedagoogilisi nähtusi kindlate tundmaõpitud reaalsete protsesside tüüpidega ja vastavalt materiaalselt tõlgendada nende nähtuste avastatud seaduspärasusi (35,30).

Et nende üldiste metodoloogiliste eeltingimuste juurest minna pedagoogiliste protsesside ja nähtuste struktuurse ning kvantitatiivse uurimise ja kirjelduse juurde, on hädavajalik eelkõige määrata sobivate matemaatiliste mõistete ja meetodite hulk (38).

2. Modelleerimise vahendid

Pedagoogika ja keemia õpetamise metoodika protsesside ning nähtuste modelleerimiseks kasutatakse mitmesuguseid matemaatilisi teooriaid.

2. 1. Tõenäosusteooria ja matemaatiline statistika.

a) Juhuslikkusega seotud uurimused.

Pedagoogiliste protsesside mitteühetähenduslik kulgemine on tingitud eelkõige nende juhuslike elementide poolt, mis mõnikord mõjutavad pedagoogilisi protsesse, mõnikord aga puuduvad. See veel ei tähenda, et õppimise

ja kasvatamise protsesside juures ei toimiks mingid kindlad seadused. Iga faktor, mis ilmneb teadmiste, oskuste ja harjumuste omandamisel, toimib rangelt seaduspäraselt.

Kerkib küsimus, kas on üldse võimalik leida pedagoogiliste nähtuste ja protsesside uurimisel mingeid üldisi, objektiivseid seaduspärasusi, kui neil nii tugevalt ilmnevad mitmesugused juhuslikud, sageli tundmatud faktorid ja olukorrad.

Engels on öelnud, et seal, kus toimivad mitmesugused juhuslikkused, seal see sama juhuslikkus allub alati sisemistele varjatud seaduspärasustele (34).

Matemaatiliseks mõisteks, mis võimaldab iseloomustada kvantitatiivselt erinevate tulemuste võimalikkuse astet, osutub tõenäosus (38).

Tõenäosusteooria annab võimaluse uurida niisuguseid nähtusi ja protsesse ning omadusi ja tulemusi, mis sõltuvad juhuslikest ja sageli isegi tundmatutest faktoritest. Tõenäosuse mõisted lubavad põhjustest kõrvale kalduda ja vaadelda nende protsesside võimalikke resultaate tervikuna kui juhuslikke sündmusi ja suurusi ning neid protsesse endid kui juhuslikke (34).

Erinevate pedagoogiliste nähtuste ja protsesside vahelistel seostel on juhuslikkuse iseloom. Nende tõenäone matemaatiline üleskirjutamine saavutatakse tõenäosusmudeli abil.

Kui uurimustel on tegemist juhuslike suurustega, siis on nende seost praktiliselt harva võimalik täiesti täpselt kirjeldada mingi kindla, küllalt lihtsa funktsioo-

ni abil. Funktsioon - see on range seaduspärasuse mudel. Juhuslikud suurused just seepärast ongi juhuslikud, et nad ei allu absoluutselt mingile ühetähenduslikule seaduspärasusele. Statistilisel uurimisel kasutatakse nähtuste faktiliste seoste üleskirjutamiseks funktsionaalse sõltuvuse valmis mudeleid, mis olid matemaatikas. Millise funktsiooni me ka ei valiks, mõned katsetulemused "hüppavad" sellest ikka välja, kalduvad kõrvale nõutud väärtusest. Kui jutt on juhuslike suuruste uurimisest, püstitatakse ülesanne tavaliselt järgmiselt: leida küllalt lihtne funktsioon, mis annaks seoseid, mis kõige enam oleksid vastavad nendele, mis vaadeldi katses. Sobiva funktsiooni valik teostatakse sisulise analüüsi teel. Järgmise ülesandena määratakse kindlaks suurused, mis figureerivad valitud funktsioonis. Need suurused on vaja valida nii, et valitud funktsioon kirjeldaks katses saadud tulemusi kõige suurema võimaliku lahendusega.

Vastavad meetodid niisuguse ülesande lahendamiseks annab korrelatsioonanalüüs. Korrelatsioonanalüüsi abil saadud funktsioon - korrelatsioonvõrrand näitab, milline oleks sõltuvus mingi pedagoogiliste objektide omaduse ja eraldatud faktorite statistikate vahel, kui kõik muud faktorid, mis mõjuvad uuritavale omadusele, ei muutuks.

Korrelatsioonvõrrandi järgi võidakse ette öelda funktsiooni väärtused, s.t. võidakse ette öelda vastavate nähtuste tulemused uuritava faktori mitmesugustel

väärtustel.

Tuleb märkida, et pedagoogilistes uurimustes on meil reeglina tegemist vaid mingi juhusliku väljavalikuga uuritava klassi objektide ja nähtuste üldisest tervikust. Seoses sellega sisaldavad vaatluste tulemused ja nende statistilise ümbertöötluse tulemused suuremal või vähemal määral juhuslikku elementi. Teatud piirides peegeldavad nad uuritavate nähtuste üldisi jooni ja seaduspärasusi, teatud piirides aga vaatluste ringi sattunud nähtuste konkreetseid iseärasusi. Statistilistel järeldustel on induktiivne iseloom.

Tõenäosuslikke skeeme võib kasutada pedagoogilise reaalsuse kirjeldamiseks vaid konkreetsetel tingimustel, kui nad ühtivad niisugusto pedagoogiliste nähtuste ja protsesside üldistatud karakteristikutega, mis on välja selgitatud massiliste pedagoogiliste katsete matemaatilise statistika meetoditel põhineval analüüsil (34).

b) Mõõtmisprobleemid pedagoogilistes uurimustes.

Pedagoogika seadused peavad väljendama kindlaid objektiivseid seoseid, mis eksisteerivad antud tingimustel kindlate õpetamise ja kasvatamise nähtuste kategooriate vahel. Need seadused peavad lubama ette näha nähtuste arenemise iseloomu ja resultaate ning võimaldama õppeprotsessi mitmekülgselt juhtida.

Kahjuks tuleb pedagoogika selle ülesandega halvasti toime. Üks inglise pedagoog on öelnud, et kui insene-

rid ehitaksid sildu, arstid raviksid haigeid ja juristid mõistaksid kohut süüdistatuile niisuguste suurte üldistustega ja veenvate põhjendusteta nagu me kohtame seda pedagoogikas, siis oleksid kõik sillad ammugi kokku varisenud, patsiendid surnud ja süütud oleksid üles poodud. Muidugi on see suur liialdus, kuid ta rõhutab õiglaselt ühte fakti. Pedagoogikas ei ole välja kujunenud selliseid kindlaid seaduspärasusi, mis näitaksid seoseid õppeprotsessis ja aitaksid efektiivselt juhtida ning organiseerida õpetamise ja kasvatamise protsessi (34).

Matemaatiliste meetodite abil määratud seaduste õigsus sõltub sellest, kuivõrd adekvaatselt peegeldavad need suurused, millega opereeritakse, uuritavate nähtuste ja objektide reaalseid kvantitatiivseid karakteristikuid.

Mõõtmine - see on objektide ja sündmuste kirjeldamine arvudega kindlate reeglite kohaselt. Esimene ja lihtsaim viis ainete ja nähtuste arvuliste suuruste leidmiseks on nende registreerimine, mis seisneb selles, et valitakse mingi tunnus ja märgitakse ära iga juht, millal vaatluses või eksperimendis ilmneb ese või nähtus niisuguse tunnusega.

Registreerimise tulemuste ümbertöötamiseks kasutatakse juhuslike sündmuste statistikat. Selle meetodid lubavad juhuslike sündmuste skeemi abil konstrueerida uuritavate nähtuste tõenäosuslikud mudelid. Registreerimine on kasutatav vaid siis, kui on võimalik formuleerida täpne kriteerium, mis lubab kõigil juhtudel üheselt eraldada

objekti, mis omab registreerivat tunnust, objektist, mis seda tunnust ei oma.

Teine meetod kvantitatiivsete karakteristikute saamiseks on seotud järjestamise operatsiooniga. Uuritavad nähtused jaotatakse mingi tunnuse kasvamise või kahanemise järjekorras. Tuleb kontrollida, kas kriteeriumid võimaldavad kõigil juhtudel eraldada uuritava tunnuse suurimat väärtust väiksemast. Seejärel omistatakse igale objektide grupile arv, mis vastab grupi asukohale kasvavas või kahanevas reas. See lubab ehitada antud nähtuste kindlad matemaatilised mudelid ja teha mõningaid järeldusi nende vaheliste seaduspärasuste seoste kohta.

Järjestamisel on uuritava tunnuse kvantitatiivne karakteristik veel küllalt laialivalguv. Siin piirdutakse hindega "suurem-väiksem". Et teda täpsustada, tuleb osata määrata "kui palju suurem" ja "kui palju väiksem".

Seda on võimalik saavutada, kui võtta mingi kindel uuritava tunnuse väärtuste intervall mööduühikuks. Tunnuse väärtus uuritavates nähtustes määratakse siis arvuga, mis näitab, mitu korda antud mööduühik mahub vaadeldavasse suurusesse.

Seda tunnuse kvantitatiivse määramise viisi nimetatakse intervallmõõtmiseks. Intervallmõõtmine võimaldab ühtesid suurusi eraldada teistest aritmeetiliste tehete teel ja ehitada tõenäosuslikud mudelid seadustest, millede järgi toimuvad uuritavate suuruste muutused ja seosed.

Pedagoogiliste nähtuste mõõtmise raskused olid praeguse ajani peamiseks takistuseks nende matemaatilisel uurimisel. Tunnuste vahetu mõõtmine pedagoogilistes uurimustes on väga piiratud. Sellepärast tuleb pedagoogilistes uurimustes laialdaselt kasutada teist mõõtmismeetodit - kaudsete näitajate kaudu mõõtmist. Antud mõõtmise olemus seisneb selles, et vahetult mittemõõdetav omadus või protsess seostatakse nende mõõdetavate ilmingutega. Kuivõrd kasvatamise ja õpetamise tulemused leiavad alati oma väljenduse kindlates objektiivsetes ilmingutes, siis on niisuguseid kaudseid mõõdetavaid näitajaid nende jaoks paljudel juhtudel võimalik leida.

Kõik vaadeldud matemaatilised uurimismeetodid on väga piiratud. Uurimisel on vaja kindlaks määrata nende protsesside ja nähtuste eneste sisemisi karakteristikuid. Tee niisuguste meetodite loomiseks avab kaasaegse matemaatika mõnede uute harude nagu matemaatiline loogika, algoritmide teooria, informatsiooniteooria jt. areng (38).

c) Nõuded vaatluste ja eksperimentide organiseerimisel katseandmete kogumiseks.

Kõik suurused ja suhted, mis esinevad pedagoogiliste nähtuste matemaatilistes mudelites, saadakse vaatluse ja eksperimendi teel ning sellega kontrollitakse. Pedagoogilised vaatlused ja eksperimendid tuleb organiseerida nii, et nende tulemused kõlbaksid statistiliseks ümbertöötamiseks.

Igal vaatluselja eksperimendil on tegemist objektidega ning nende tulemustega. Et vaatlusandmed ja eksperimendi tulemused mingi uuritud nähtuse hulga jaoks omaksid materjali põhjendatud järeldusteks kogu selliste nähtuste hulga omaduste kohta, on vaja organiseerida vaatlust ja eksperimenti vastavalt kindlatele nõuetele. Need nõuded puudutavad:

1) vaatluse ja eksperimendi ühiku määramist

2) uuritavate tunnuste määramist

3) vajalikku vaatluste arvu määramist

4) vaatluse objektide valikut.

Vaatluse ja eksperimendi ühiku valik sõltub püstitatud ülesandest. Et andmed alluksid statistilistele nõudmistele, on vajalik küllalt ühesuguste ühikute väljavalimine uurimise käigus. Kui katse toimub mitmes klassis, siis on soovitav võrdsustada need klassid õppeedukuse, distsipliini, õpilaste arengutaseme jne. poolest.

Põhiliste tunnuste määramine, millede uurimine on vaatluse eesmärgiks, sõltub esmajoones samuti läbiviidava uurimise ülesannaetest. Nendeks võivad olla näiteks: kindla õpetamismeetodi efektiivsus, kindlas õppematerjalis sisalduva informatsiooni hulk, ühtede või teiste harjumuste moodustumise kiirus jne. Matemaatilise ümbertöötamise vajalikuks tingimuseks osutub nende tunnuste kvantitatiivne määratavus.

Et saadud katseandmed oleksid veenvad, on vajalik, et eksperimendi läbiviimiseks ei võetaks mitte ainult pari-

maid koole, vaid et koolide valik oleks täiesti juhuslik. Selleks kasutatakse juhuslike arvude tabelit (38).

Veel sõltub vaatlusandmete statistiline tõlgendus vaadeldavate objektide hulgast ja teostatud vaatluste arvust. Sellepärast on väga tähtis osata määrata vaatluste ja eksperimentide arvu, mis on piisav usaldusväärseteks järeldusteks uuritavate pedagoogiliste objektide ja nähtuste omaduste kohta.

Selle arvu määramiseks võib kasutada "suurte arvude tabelit", millest saadakse teada vaatluste ja eksperimentide arv, mis on piisav statistilisteks järeldusteks antud tähendusliku tasemega (45).

Ainult niisugusel juhul saadakse järeldused, mis on põhjendatud nende kontrollimisel massilises praktikas (38).

2. 2. Graafiteooria.

a) Struktuur-süsteemne lähenemine õppeprotsessile.

"On mõned rasked probleemid, mis segavad inimesi olemast õnnelikud: haigused, laste kasvatamine, sotsiaalsed suhted. Põhjus on üks:oskamatus juhtida keerukaid süsteeme - organismi psüühikat. Ei saa öelda, et inimesed pole seda üldse ära õppinud - arstid ravivad, pedagoogid kasvatavad, ühiskond tervikuna muutub progressiivsemaks. Nähtavasti on nende süsteemide keerukus mittevastavuses inimese tunnetuslike võimetega." (19, lk.3)

Keeruliste süsteemide tundmaõppimiseks on kasutusele

võetud struktuaarne analüüs. Viimane on laialdaselt kasutusel loodusteadustes, samuti levib humanitaarteadustes. Üha enam hakatakse tähelepanu pöörama tervikule (10).

Prantsuse filosoof Noël Mouloud kirjutab, et struktuursete meetodite kasutusele võtmine inimest puudutavates uurimustes on kaasaja teaduse üks tähelepanuväärsemaid saavutusi (46).

Senine teaduse areng on ette valmistanud ülemineku struktuaarsele analüüsile. Tänapäeva tingimustes lubab see tungida veelgi sügavamale vaadeldavate esemete ja nähtuste olemusse, et mõista nende erinevaid külgi (10).

Möödunud aasta oktoobri lõpus toimus Moskvas pedagoogika alaste uurimistööde metoodika ja metodoloogia alane kolmas seminar. Seminari tööst võtsid aktiivselt osa ka pedagoogikaga piirnevate distsipliinide - filosoofia, sotsioloogia, bioloogia esindajad. See andis seminarist osavõtjaile võimaluse küllalt konkreetselt ette kujutada süsteemse lähenemise kasutamise võimalusi pedagoogika probleemide uurimisel.

Analüüsides süsteemi erinevaid definitsioone, pani F.F.Koroljov ette lähtuda järgmisest definitsioonist:"Süsteem on elementide kompleks, mis asuvad vastastikuses sõltuvuses, see objektide hulk koos nendevaheliste suhetega ja tunnustega. Süsteemi iseloomustab terviklikkus, elementide vastastikune toime, seosed ja suhted, moodustades süsteemi struktuuri (61, lk. 77).

Süsteemne lähenemine pedagoogiliste nähtuste uuri-

misel kannab vilja vaid sel juhul, kui suudetakse vältida teiste teaduste mõistete ja meetodite mehaanilist ülekandmist pedagoogilistesse uurimustesse.

Pedagoogika ees seisab ülesanne välja töötada sellise mõistete aparaat ja luua niisugune metoodika, mis vastab süsteem-struktuursete uurimuste spetsiifikale ning iseärasustele pedagoogikas.

Süsteemne lähenemine ei kaota praktikas kontrollitud pedagoogilise uurimise meetodeid - vaatlust, eksperimenti. Ta ei lõhu nimetatud uurimuste üldist skeemi ja struktuuri, kuid toob selle meetoditesse midagi uut. Modelleerimine on üks metoodilistest võtetest, mis kergendavad struktuurset uurimist.

Süsteemse lähenemise efektiivne ja adekvaatne kasutamine eeldab, et uurimisobjekti vaadeldakse kui süsteemi. Kaasaja süsteemsed uurimused kulgevad peamiselt kahes suunas. Esiteks on vaja välja töötada süsteemse uurimise metoodika ja teiseks süsteemse lähenemise konkreetsed teaduslikud rakendused. Süsteemide teooria ja kategooriate keskel on vaja märkida niisuguseid mõisteid nagu süsteem, element, seos, terviklikkus, funktsioneerimine, areng, struktuur, organisatsioon, käitumine, juhtimine.

Spetsiaalset filosoofilis-metodoloogilist ja üldteaduslikku laadi probleemi kujutab endast süsteemide üldise teooria ülesehitamine. Niisuguse teooria ülesanded on anda süstematiseeritud ja vastastikku seotud seaduspärasuste hulk, milledele alluvad ükskõik millist tüüpi süsteemid.

Kuigi praegu on esitatud mitu süsteemide üldise teooria varianti, ei oma ükski neist eelist teise ees ja sellepärast küsimus niisuguse teooria ülesehitamisest selle sõna ranges mõttes jääb lahtiseks.

Süsteemne lähenemine areneb kuni viimase ajani eeskätt tehnika ja loodusteaduste vallas. A.M.Sohor näitas oma ettekandes süsteem-struktuurse uurimise kasutamisvõimalusi õppematerjali teatud omaduste uurimisel. Tema arvates seisneb süsteem-struktuurse uurimise lõbiviimise printsiip ja olemus terviku ehituse ja funktsioneerimise ühises uurimises.

Termin ehituse ja funktsioneerimise ühendatud uurimine teeb struktuurse analüüsi kvalitatiivse ja kvantitatiivse analüüsi ühtsuse näitajaks. Kuid struktuurset analüüsi ei saa ühegagi neist ühte viia.

Õppematerjalil on kindel struktuur. On vaja kindlaks määrata, millised on selle struktuuri elemendid. Ühes ja samas struktuuris võivad olla esile toodud erinevad elemendid ja seda sõltuvalt uurimise aspektist.

Vaadeldes mõisteid õppematerjali põhielementidena, tuleb arvestada järgmisi asjaolusid:

a) "mõiste" määratlusel eksisteerivad erinevad terminid;

b) õppematerjali ühel ja samal lõigul on praktiliselt võimalik välja eraldada väga erinev arv mõisteid.

Õppematerjali lõigu struktuur - see on õppematerja-

li ühtset tervikut moodustavate elementide järjestatus, vastastikune seos. Õpetamise käigus moodustuvad kindlad seosed mõistete ja teooriate vahel. Seosed ja suhted on igasuguse tunnetamise ja sealhulgas ka õpetamise käigus teostuva tunnetamise sisuks. Sisemised seosed, mis oleksid tarvis kindlaks määrata õppeaine elementide vahel, ei ole mitte pindmised, ei ole nähtavad ilma spetsiaalse loogilis-dialektilise analüüsita. Õppematerjali struktuuri kuuluvate seoste klassifitseerimise probleemi on siiani väga vähe uuritud. Esimeses tähenduses võib neid seoseid vaadelda mittediferentseeritult, kuid see ei tähenda mitte kõigi seoste võrdsustamist. Tähtis on opereerida ainult nende seostega, millised kas peaksid olema kindlaks määratud või on juba kindlaks määratud õpilaste teadvuses. Nende seoste täpne leidmine ei kuulu tegelikult didaktika valdkonda.

Erinevate ja seejuures loogiliselt võrdväärsete õppematerjali ülesehitamise võimaluste arv on väga suur. Üleminekul õppematerjali struktuuri ja kvantitatiivse analüüsi elementidele, ei tohi piirduda ainult õppematerjali vahetu vaatlusega: ei ~~see~~ struktuuri ega ka olemust peegeldavad kvantitatiivsed seosed pole vahetult uuritavad. Sellepärast on vaja üle minna õppematerjali mudelite uurimisele.

Õppematerjali struktuuri võib esitada graafide abil. Graafid omavad rea eeliseid õppematerjali mudelitena.

Küsimus sellest, missuguse elementaarsuse astmega tulevad mõisted, faktid, teooriad lülitada konkreetsetesse

graafskeemidesse lahendatakse õpilaste algselt omandatud teadmiste kaudu.

Vastlused ja statistiliselt olulised eksperimentaalsed andmed on näidanud, et graafid annavad hea võimaluse otsustada vastavate õppematerjali lõikude järgmiste didaktiliste omaduste üle:

a) üksikute elementide tähtsus ja seos nende vahel;

b) materjali suhteline omandatavus;

c) antud õppematerjali lülitumine palju üldisemasse konteksti;

d) programmõppele vajalikud karakteristikud.

E. Lukas näitas süsteem-struktuurse lähenemise kasutamisvõimalusi teadmiste omandamise protsessi uurimisel.

Tunnetuslik tegevus on mõeldamatu ilma konkreetse faktilise materjalita. Tunnetuslik tegevus kujutab endast palju elementaarsemate tegevuste kompleksi. Korduvad vaimse tegevuse võtted võivad avalduda erinevates kombinatsioonides ja seostes. Vaimse tegevuse erinevad kombinatsioonid lubavad rääkida vaimsest tegevusest kui mitmetasemelisest süsteemist, milles võib välja eraldada üksikuid operatsioone igal tasandil. Seejuures iga kõrgem tase sisaldab endas rida üksikuid madalama taseme elemente.

Õppimise peamise aluse moodustab faktilise materjali kogumine, ümbritsevate nähtuste ja asjadega tutvumine. Faktid avalduvad erinevates seostes ja suhetes mõistete moodustumisel. Mõisted vaadeldakse kui teadmise ele-

mente. Grupeerudes omavahel moodustavad nad kindla mõttelise osa õpitavast tekstist.

Uurimisel oli hüpotees, et omavahel seotud elementide tervik, nende suurem või väiksem hulk, kogu süsteemi sisemised suhted ja seosed avaldavad mõju õpitava materjali reprodutseerimisele.

Kontrollimiseks võeti õppematerjali struktuuri mudel, milles põhilisteks parameetriteks olid: 1) elementide arv; 2) keeruliste elementide arv; 3) mõtteliste osade arv; 4) üksikute elementide vahelised seosed.

Reprodutseerimise üldine analüüs näitas uuritavate parameetrite komplekset mõju reprodutseerimisele.

Süsteem-struktuurne lähenemine kujutab endast objektide, nähtuste ja protsesside tundmaõppimist niisuguses seoste ja struktuuride süsteemis nagu nad reaalselt eksisteerivad. Pedagoogika on huvitatud, et süsteem-struktuurne analüüs määraks kindlaks uuritava süsteemi funktsioneerimise optimaalsed tingimused ja seaduspärasused.

Nähtuste modelleerimine - olgu protsess lihtne või keeruline - ja tema edukas realiseerimine nõuab palju tingimusi, mida pedagoogika teaduse ei jõua praegu rahuldada. Praegu kujutatakse halvasti ette isegi nende lihtsate pedagoogiliste nähtuste struktuuri, mida täna püütakse modelleerida. Paremad ei ole ka ettekujutused selle struktuuri elementidest, süsteemi kui terviku elementide vahelistest seostest ja suhetest. Ei ole kvantitatiivseid karakteristikuid süsteemidena vaadeldavate pedagoogilis-

te nähtuste elementide kohta.

Ülesanded, mis seisavad täna pedagoogika ees, ei saa lahendada ainult pedagoogika vahenditega. Distsiplii-nide vaheline lähenemine nende lahendamisel on vältimatu.

Süsteem-struktuurne lähenemine aitab pedagoog-uurijatel arendada teaduslikku mõtlemist, rikastab uurimus-te vorme ja meetodeid, aitab sügavamini tunnetada pedagoo-gilisi nähtusi ning tõsta sellega õpetamise ja kasvatami-se efektiivsust (61).

b) Graafiteooria rakendusi struktuur-süsteemse suuna modelleerimisel.

Sageli näeme paberile joonistatud punkte, mis ku-jutavad endast inimesi, asustatud alasid, keemilisi aineid jne. Neid punkte ühendavad jooned või noolekesed. Antud skeeme kohtame kõikjal erinevate nimedega: sotsiogrammid (psühholoogias), organisatsiooni diagrammid (ökonoomias), elektrilised ahelad (füüsikas).

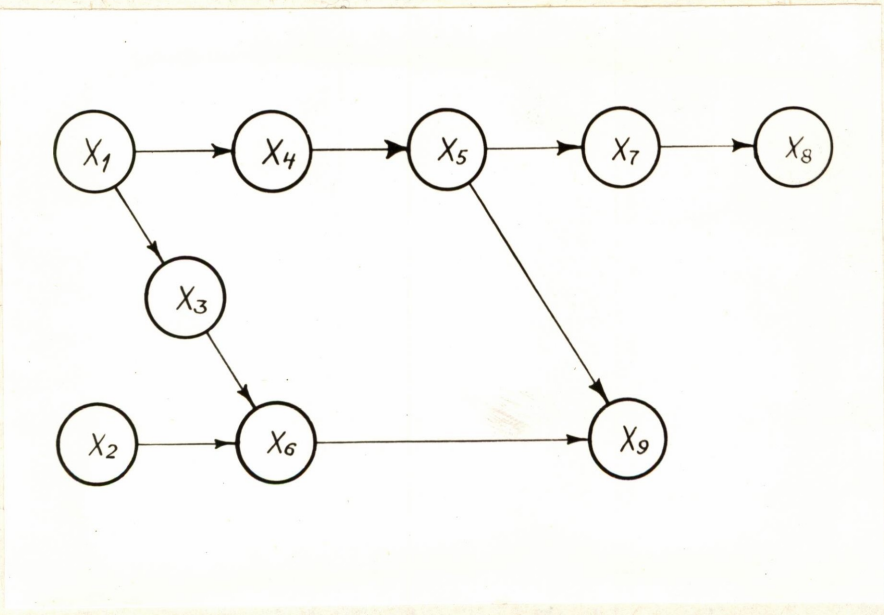
D.Kõning tegi ettepaneku nimetada niisuguseid skee-me "graafideks" ja süstemaatiliselt tundma õppida nende omadusi.

Et graafiteooriat saaks kasutada erinevates vald-kondades, peab ta olema suuremalt osalt abstraktne ja formaliseeritud. Graafiteooria käsitlusel tuleb kokku puu-tuda informatsiooni teooriaga, küberneetikaga, hulga teoo-riaga, maatriksi teooriaga ja teiste puht abstraktsete distsipliinidega (23).

Graafiks nimetatakse skeemi tasapinnal, mis koosneb punktidest, mida nimetatakse graafi tippudeks ja neid ühendavaist joontest - graafi servadest. Üldisel juhul on graaf antud kujul:

G = (X, U), kus X on graafi tippude hulk ja U graafi servade hulk, mille elementideks on paarid u=(x,y), kusjuures $x \in X$ ja $y \in Y$ (6).

Viimasel ajal äratab suurt huvi õppeprotsessis tervikus, aga ka eraldi ainetes seal esinevate loogiliste seoste esitamine graafide kujul.



Joonis 1. Õppeaine lõigu graaf.

Graafi tipud kujutavad endast õppematerjali osasid, õppeaineid jne., orienteeritud servad seoseid nende vahel. Joonisel 1 on näidatud graaf G = (X, U), kus X - tippude

hulk, U - seoste hulk. Siin näiteks seos (x_1 , x_3) iseloomustab andmete ülekandmise suunda palalt x_1 palale x_3 .

Graafi võib esitada ka maatriksina A = (aij) (47). Maatriksi A = (aij) elemendid võivad omada arvulisi väärtusi: kas 1 või 0 sõltuvalt sellest, kas vastavate õppeaine osade vahel on seoseid või ei (40, 47, 59).

Kas või ühe kontuuri olemasolu vastavas graafis teeb selle järgi õppimise võimatuks. Kontuur kujutab graafis teed (x_{11} , x_{12}...x_{1r}), kus algustipp x_{11} ühtib tee lõpptipuga x_{1r} (22).

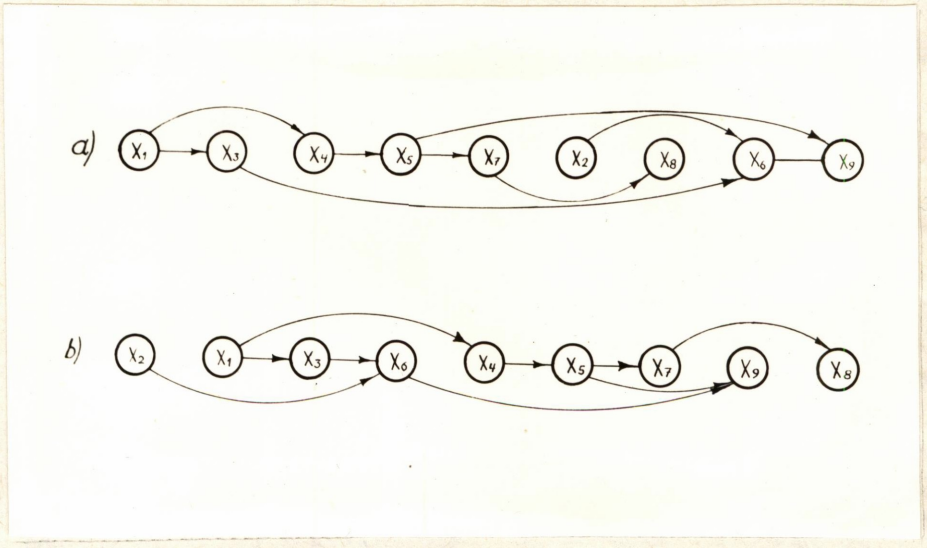
Kui graafis esinevad kontuurid, siis tulevad need kõrvaldada. Graafide edasisel käsitlemisel vaatleme juhtu, kus graafis ei esine kontuure.

Pöördume tagasi joonisel 1 kujutatud graafi juurde. Graaf kujutab endast ühe õppeaine lõigu esitust, kusjuures tipud x_1 , x_2 , ... x_n tähendavad õppeaine osasid. Igal ajamomendil võib selgeks õppida ainult ühe õppeaine lõigu. Õppeaine palade esituse järjestus ei pea olema alati ühesugune (47).

V.S.Polosin (50) ja A.M.Sohor (60) on oma töödes uurinud ühe ja sama õppeaine lõigu erinevaid esitusi graaf-skeemide abil. Nii on võimalik kindlaks teha, milline palade loogiline järjestus on õpilastele kõige jõukohasem. Nagu eksperimendid näitasid, oli õpilastele

köige paremini arusaadav selline esitusviis, kus oli köige vähem kontuure (50,60).

Joonisel 2 on esitatud kaks võimalikku varianti õppeaine palade järjestuse kohta. Graafides, mis esitavad õppeaine palade järjestust õppimisel, peavad orienteeritud servad olema suunatud ühes suunas. Graafe, mis on kujutatud joonisel 2 nimetatakse korrastatud graafideks. Nad peegeldavad loogilisi seoseid õppeaine osade vahel, samuti antud osade õppimise ajalist järgnevust.



Joonis 2. Kaks võimalikku varianti õppeaine palade järjestuse kohta.

Toome sisse mõiste seose pikkus, mis iseloomustab korrastatud graafi. Seose pikkuse l_{ij} all mõistame korrastatud graafis $x_j - x_i$ vahet. Näiteks seose pikkuse (x_3, x_6) korrastatud graafis joonisel 2 a on võrdne $x_6 - x_3 = 6$. Graafis joonisel 2 b aga $x_6 - x_3 = 1$.

Tekib küsimus, missugusel kaalutlusel võtta üks või teine õppeaine esituse järjestus (7,47).

Lähtutakse nõudest, et omavahel loogiliste seostega seotud õppeaine palade vaheline esitamise aeg oleks minimaalne. Seose pikkus l_{ij} iseloomustab ajalist vahet palade x_i ja x_j õpetamise vahel.

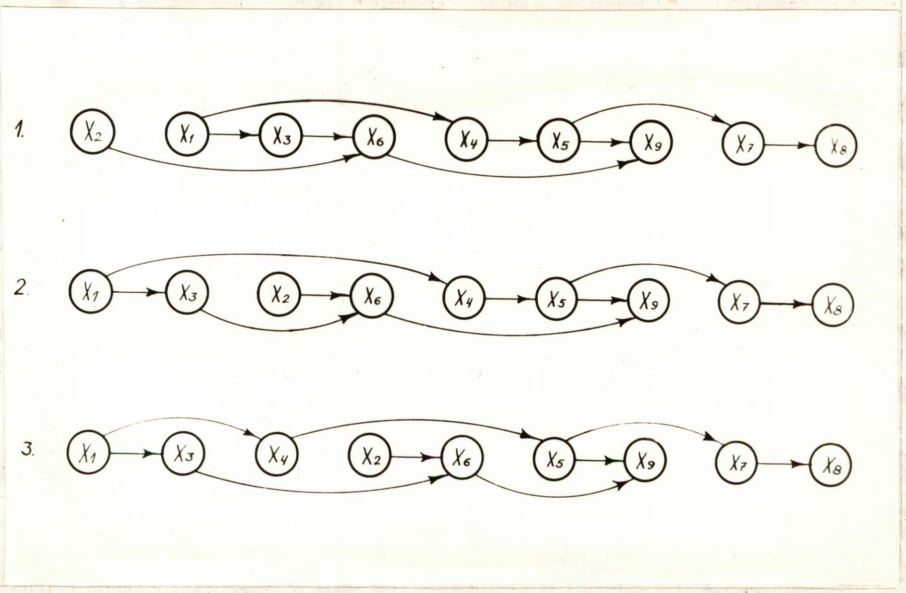
Hädavajalik on moodustada niisugune korrastatud graaf, mis omaks seoste pikkuse minimaalset summat. Sellest vaatevinklist on graaf joonisel 2 b eelistatud, kuna temal on seoste pikkuse summa võrdne 18-ga, aga a variandil 21.

Antud ülesandele optimaalse lahendi leidmise protsessi võib kujutada puu kujul. Tipp 0 on nagu puu tüvi, millest lähtuvad harud. Iga haru kujutab endast üht lahendit.

Määratakse iga lahendi seoste pikkuste summa. Harud, mis omavad suurt seoste pikkuse summat, kõrvaldatakse. Nii jääb võimalike lahendite hulk järjest väiksemaks. Kasutades matemaatilisi arvutusi, leitakse kõige optimaalsemad lahendid.

Antud ülesande lahendamisel osutus kõige paremaks lahendiks haru ($0, x_2, x_1, x_3, x_6, x_4, x_5, x_9, x_7, x_8$).

Vaadeldud näites on veel kaks optimaalset lahendit.



Joonis 3. Kontrastatud graafid optimaalse järjestusega.

Lahendi leidmisel on võimalik, et esineb kaks ekvivalentset haru. See tähendab, et tipud, mis asuvad neil harudel, esinevad ainult esituse järjestuse poolest.

Nende graafide juures võrdub seoste pikkuste summa kõigil juhtudel 16-ga.

Niisugune optimaalse struktuuri kasutamine õppeaine ajalise esituse kohta võimaldab kindlaks määrata materjali esituse järjestuse, mis kindlustab selle parema omandamise (7,47).

2.3. Kibernee tiline lähenemisviis õppeprotsessi uurimisel.

Käesoleva sajandi 40-ndatel aastatel pandi alus uuele teadusliku suunale, mis on ette nähtud spetsiaalselt keeruliste protsesside ja süsteemide kvantitatiivseks uurimiseks - kibernee tiline meetod (34).

Meetod opereerib sellega, et tegelikkuse erinevates valdkondades materia liikumise erinevatel vormidel on vaadeldavad möningad ühised seaduspärasused. See lubab allutada matemaatilisele kirjutamisele ka niisuguseid protsesse ja nähtusi, mis siiani ei allunud. Kübernoetilisel modelleerimisel kasutatakse uuritavate nähtuste andmete ümberkirjutamiseks funktsionaalset mudelit, mis on üles ehitatud teist tüüpi nähtuste jaoks, mis omavad sarnasust uuritavaga.

Kübernoetika võimaldab kasutada kindlaid objektiivseid kvantitatiivseid mudeleid õpetamise ja kasvatamise protsesside teatud külgede ülekirjutamiseks ja nende matemaatiliseks uurimiseks.

Üks informatsiooni teooria spetsialiste D.King arvab, et "õppimine - see on peamisel määral informatsiooni kogumine nähtuste ja seoste ning suhete kujundamise võime arendamine" (22).

Informatsiooni all mõeldakse teateid, andmeid, uudiseid jne. Tema võrdlemine, klassifikatsioon, analüüs ja süntees, s.t. ümbertöötamiseks nimetatakse lahtimõtestamist, arutlust, mõtestamist.

Informatsioon on mõtlemise peamine materjal ja ta on iga teadusliku tegevuse aluseks. Informatsiooni ülekandmise all võib mõista neid andmeid, teateid, mida õpetaja teatab õpilasele õppimise protsessis. Mida rohkem on uusi andmeid õpetaja teadetes, seda suuremat informatsiooni hulka annab edasi jutustus.

Esimene probleem, mis kerkib üles õpetamisel, on - kui suure hulga teadmisi suudab õpilane vastu võtta ettemääratud aja jooksul.

1959.aastal Wed Holis toimunud õpetamise psühholoogia konverentsil ütles D.Page: "Kui ma ükskord ütlesin matemaatikutele, et neljanda klassi õpilastele võib õpetada "rühma teooriat", siis üksikud nõustusid minuga, aga suurem hulk oli väga imestunud. Viimased eksivad, kui nad ütlevad, et "rühma teooria" on ise väga raske. Võib-olla ei eksisteeri midagi, mis oma olemuselt oleks ise raske. Me peame ainult ootama, kuni leitakse vastav lähenemine või vastav adekvaatne keel antud sisu väljendamiseks" (64).

Nii õppimise kui ka tunnetamise protsessis pole inimene mitte kunagi saabuva informatsiooni suhtes passiivne vastuvõtja.

Inimene, võttes vastu informatsiooni, töötab selle aktiivselt ümber, vastandab selle olemasolevate teadmiste ja kogemustega, analüüsib ja üldistab. See, mida me nimetame õppimiseks, kujutab endast keerulist, aktiivset protsessi inimese peaaju ning informatsiooni vahel.

Väga suurt huvi äratavad eksperimentaalsed pedagoogilised uurimused erinevates maades, mis on tehtud eesmärgil välja selgitada seos vastu võetud informatsiooni hulga ja aja vahel (4,13).

Füsioloogiliste, pedagoogiliste ja psühholoogiliste protsesside uurimiseks on võimalik kaks teed. Esimest nimetatakse makrolähenemiseks, teist mikrolähenemiseks.

Õppides tundma mingit süsteemi, vaadatakse sellele alguses kui "mustale kastile". Ei tunta nende mehhanismide ehitust, mis asuvad tema sees, kuid võidakse vaadelda, kuidas see mehhanism reageerib erinevatele välistele mõjudele ning võidakse sel teel välja selgitada seaduspärasused, mis juhivad tema tegevust.

Inimese peaaju ja tema psüühilise tegevuse mehhanism kujutavad seni kaasaegse teaduse jaoks "kõige "mustemat kasti" kõikidest "mustadest kastidest", mis eksisteerivad looduses.

Kõik eelnevad matemaatilised meetodid uurisid õpetamise ja kasvatamise üldisi seaduspärasusi, kuid ei rääkinud midagi õpetamise ja kasvatamise mehhanismide iseloomust, mis on nende protsesside aluseks.

Mikrolähenemisel otsib uurija selliseid informatsiooni ümbertöötamise seaduspärasusi ja niisuguseid funktsioneerimise struktuurseid skeeme, mis on varustatud makrouurimise andmetega tema käitumisest ja mis lubaksid loogiliselt selgitada süsteemi omadusi.

Mikrolähenemisel on pedagoogika uurimise aineks õppeaine ja õppeprotsessi loogiline struktuur. Nende üleskirjutamise mudelitena kasutatakse informatsiooni ümbertöötamise loogilis-matemaatilisi algoritme.

Õpetamise ja kasvatamise kübernetilisel modelleerimisel peegeldavad makromudelid uuritava süsteemi käitumist, aga mitte sisemisi mehhanisme ja struktuure, mis on mikromudelite ülesandeks.

Kaasaegse küberneetika vahendite kasutamine pedagoogilistes uurimustes aitavad tõsta pedagoogika kui teaduse osatähtsust ning efektiivsust õpetamise ja kasvatamise protsessidele ning lubavad neid paremini juhtida (34).

II. ÕPPEAINE ÜLESEHITUSE TEOORIAST

Hariduse all mõistetakse teaduse-, kunsti- ja tehnika alaste teadmiste, oskuste ja vilumuste omandamist ning selle alusel isiksuse maailmavaate kujundamist ja tunnetusvõime arendamist; õpetamise all - vaimset ja füüsilist tegevust, mis on vajalik hariduse ülesannete realiseerimiseks. Haridus[es] on määrav tema sisu. See on pidevalt muutunud ja muutub sõltuvalt muutustest ühiskonna elus: tootlike jõudude arengust, majanduse ja teaduse vajadustest, valitsevate klasside poliitilistest eesmärkidest.

Hariduse kaasaegse sisu eesmärgiks on ette valmistada inimesi, kes on suutelised füüsiliseks ja vaimseks tööks, kes oskavad nähtusi mitte ainult seletada, vaid teadusalaseid teadmisi ka tegelikkuse loovaks ümberkujundamiseks rakendada (3).

Hariduse sisu realiseeritakse õppeainetes, milledest igaüks kujutab endast vastava teaduse põhialuste süstematiseeritud esitust (42).

Koolide peaülesanne on anda õpilastele kindlad teadmised teaduste alustest, kujundada neis kõrget kommunistlikku teadlikkust, valmistada neid ette eluks, teadlikuks elukutse valikuks. (11).

Omandades teadmisi, milles on kontsentreerunud inimkonna sajanditepikkused kollektiivsed kogemused, ainult sügavalt tundma õppides marksistlik-leninlikku teooriat, suudab noor põlvkond viljakalt osa võtta kommunismi materiaal-tehnilise baasi loomisest, kommunismi ehitamisest.

Teadusalaste teadmiste maht laieneb pidevalt. Iga kümne aasta jooksul teadusliku informatsiooni hulk umbkaudu kahekordistub. Kuigi õpilaste võimed teadmiste omandamiseks avarduvad vastavalt pedagoogilise teooria ja praktika edusammudele, ei toimu see siiski kaugeltki sel määral, nagu kasvab teadusalaste teadmiste maht. Et tagada teadusalaste teadmiste omandamine õpilaste poolt, kaasa arvatud ka kaasaegse teaduse saavutused, tuleb leida teaduse kõige olulisema sisu valiku printsiibid, s.t. printsiibid, mille alusel on võimalik kindlaks määrata teaduste põhialuseid, mis sisaldavad teadusest kõige olulisemat ning mis tagavad kõige lühema tee kaasaegse teaduse ideede ja sisu omandamiseks. Selle ülesande edukaks lahendamiseks tuleb avada õppeainete loogika, mis tagab õppimise esimestest sammudest alates uute teaduslike mõistete juurde juhtimise.

Õppeaine, õpetamine ja õppimine on kolm tihedalt seotud õppeprotsessi koostisosa (63).

Õppeprotsess kujutab endast õpetaja ja tema poolt juhitavate õpilaste järjekindlat tegevuste kogumit, mis on suunatud teadmiste, oskuste ja vilumuste süsteemide teadlikule ning kindlale omandamisele, mille käigus asendatak-

se tunnetusjõude, omandatakse vaimse ja füüsilise töö kultuuri elemente, pannakse alus õpilaste kommunistlikule maailmavaatele ja käitumisele.

Õppeprotsessi loogika on objektiivne seaduspärasus, mis väljendab õpilaste optimaalset efektiivse edasiliikumise järjestust sellelt teadmiste nivoolt ja arengutasapinnalt, millelt algab õppeaine või selle osa ja tema õppimine, kuni teadmiste ja arengu selle tasapinnani, mis vastab aine või selle osa ja teema täielikule omandamisele.

Õppeprotsessi õige loogika olemus seisneb selles, et õppematerjal ja õpetaja ülesanded tulevad õpilase ette mitte kui midagi välist ja tardunut, vaid edasiliikumise protsessis, mille üksikud faktid ja konkreetsed kujutused esinevad lahutamatus seoses üldistuste ja mõistetega, viimased aga ühtsuses oskuste ja vilumustega, mida rakendatakse praktikas. Õppeprotsessi loogika on sulam õppeaine loogikast ja õpitava materjali omandamise psühholoogiast.

Õppeaine kujutab endast süstemaatilist esitust teaduse põhialustest (25).

Õppeaine sisu moodustavad teadmised, oskused ja vilumused kindlatelt teadusaladelt, sealhulgas ka teadmised meetoditest, mille abil teadustes tehakse avastusi, ka töö-oskused ja vilumused, mis võimaldavad teatud etapil osa võtta jõukohasest uurimustööst. Samuti hõlmab ta kokkusurutud kujul teaduse ajaloolise arengutee selle teaduse kaasaegse arengutasemeni välja (3).

Õppeaine sisu avaldub põhiteooriate, faktide, seaduspärasuste tundmaõppimises, mis ühendavad ja süstematiseerivad õppematerjali ning annavad talle dialektilis-materialistliku tõlgenduse (63).

Kokkuvõtlikult on õppeaine sisu määratud programmides (42).

Kaasaja didaktikas on üheks tähtsamaks probleemiks õppeaine teooria loomine. Paljud möödalaskmised kooliprogrammidega on tingitud küllalt läbitöötatud õppeaine teooria puudumisest (42).

On kirjutatud õppeprogrammide pidevast vananemisest seoses teaduse progressiga.

Programme tuleb järjest täiendada, üha uute andmetega. Neid pole aga võimalik lõputult täiendada. Antud olukorrast väljapääsu otsimine kujutab endast kaasaja pedagoogika põhiprobleemi (18). Tuleb valida optimaalne mõistete süsteem, millest ehitatakse üks või teine teema koolikursuses. Tuleb tunda teadust, et välja valida efektiivsem mõistete, faktide, teooriate süsteem õppeaine jaoks. Hariduse sisu tuleb viia vastavusse kaasaja teaduse ja tehnika tasemega (44).

"Õppeaine - see on vastava teaduse alused." (42) Selle teesi õigsus on täies ulatuses kaheldav, sest ta möistab liiga lihtsustatult seost õppeaine ja teaduse vahel.

Ühest küljest möistetakse teaduse all inimese te-

gevust, mis on suunatud looduse ja ühiskonna tunnetamisele. Sellest võtab osa väike hulk elanikkonnast. Teisest küljest mõistetakse teaduse all kogutud fakte ja ideesid, mis on saadud looduse ja ühiskonna uurimisel. Esimesel juhul mõistetakse teadust kui tegevust. Teisel juhul mõistetakse teadust kui kogu teadmiste hulka, mis kuulub inimkonnale (44).

Teaduse peamine ülesanne on ümbritseva maailma uurimine. Teadus uurib maailma, on tema ümberkujundamise tööriistaks ja on inimese jaoks.

Õppeaine aga täidab teist ülesannet - ta annab teadmisi kasvavale põlvkonnale eesmärgiga lülitada inimesi ühiskondlik-kasulikule tööle. Õppeaine on seotud teadmiste kujunemise ja omandamise protsessiga. Õppeaine on kui mehhanism, mille kaudu inimene saab teaduslike teadmiste tegelikuks kandjaks. Inimene omandab seejuures võime tööks ja ühiskondlikuks tegevuseks.

Õppeaine kuulub vahendite hulka, mille abil viiakse ellu inimühiskonna laiendatud taastootmine - nende teadmiste, oskuste ja vilumuste ülekandmine kasvavale põlvkonnale, mis kindlustavad tema lülitumise kõige erinevamatesse tootmis- ja ühiskondliku tegevuse sfääridesse (42).

Õppeaine peab täitma ka teist tähtsat osa - taastoota inimeses teadust kui tema poolt juhitavat tööriista. See õppeaine funktsioon teeb tema inimühiskonna laiendatud taastootmise vahendiks (25).

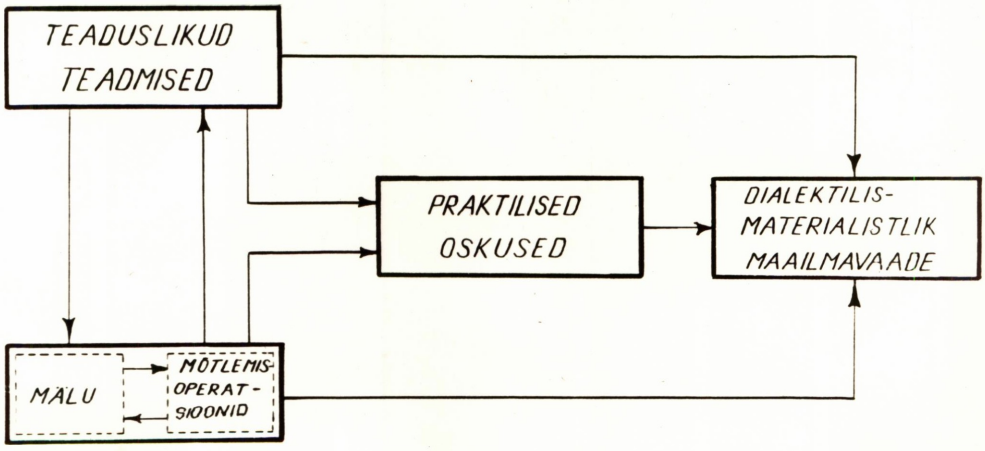
Inimesed, kes on omandanud vastava teaduse põhialused, s.t. vastava õppeaine, võivad avastada ka uusi teooriaid vastavalt oma võimetele. Sellepärast osutub õppeaine teaduse poolt loodavaks ning tema struktuuri määrab ära lõppkokkuvõttes teaduse struktuur.

Õppeaine komponendid ja seosed nende vahel määratakse õpetamise eesmärgiga ja õpilaste vaimse arengu iseärasustega. Õpetamise eesmärk kujutab endast areneva ühiskonna objektiivsete vajaduste peegeldust. Õpetamise eesmärk koosneb järgmistest komponentidest: teadmistest, vaimsest arengust, praktiliste oskuste omamisest ja dialektilis-materialistlikust maailmavaatest (vt. joonis 1)

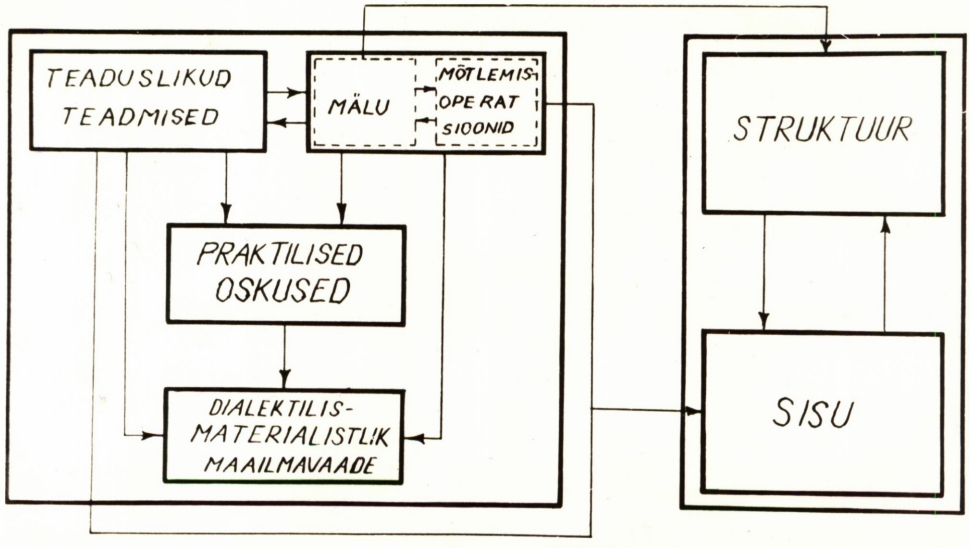
Kõik need komponendid on omavahel tihedalt seotud. Näiteks ei kujune inimesel välja dialektilis-materialistlik maailmavaade, kui tal ei ole teadmisi ja praktilisi oskusi. Praktilised oskused baseeruvad omakorda teadmistele ja vaimsele arengule.

Vaatleme nüüd lähemalt õpetamise eesmärgi struktuuri, mis fikseerib õpetamise eesmärgi komponendid ja seosed nende vahel.

Need komponendid nagu: teaduslikud teadmised, mõtlemisoperatsioonid, praktilised oskused, dialektilis-materialistlik maailmavaade kujutavad endast selle keele väikest sõnastikku, millega võib kirjeldada õppinud inimese tegevust. Samal ajal kujutab mälu endast selle keele grammatikat.



Joonis 1. Õpetamise eesmärkide struktuur.



Joonis 2. Õppeaine ja õpetamise eesmärkide vaheline seos.

Kahe erineva osa: koostise (sõnastiku) ja mõtte (grammatika) olemasolu õpetamise eesmärgis lubavad õppeaine objektis eraldada kahe komponendi olemasolu, millest ühte me hakkame nimetama sisuks, teist aga struktuuriks.

Joonisel on näidatud kõik seosed õpetamise eesmärgi komponentide ja õppeaine komponentide vahel.

Õppeaine edasine uurimine nõuab õpetamise eesmärgi komponentide põhjalikku analüüsi, et määrata ära niisugust "sõnade" miinimumi, mis peaks sisalduma igas komponendid. Ülesanne on küllalt keeruline selleks, et ta oleks lahendatud uurimise esimesel etapil.

Mälu on üks õpetamise eesmärgi komponentidest. Mälu struktuuri võib kujutada skeemina, millel tasapinnad kujutavad mõtlemise "korruseid", ringid aga iga korruse eraldi mudeleid.

Informatsiooni "korruseline" ümbertöötamine on iseloomulik üleminekule ühelt abstraheerimise astmelt teisele. See vähendab mälus mahtu, sellepärast, et igal järgmisel "korrusel" saab informatsioon järjest rohkem ühtseks, abstraktseks ja võtab mälus järjest vähem ruumi (42). Korruseline ja tõene informatsiooni ümbertöötamine - on ainus tee keeruliste süsteemide tundmaõppimiseks. See kuidas ta nõuaks vähem ruumi mälus ja kergendaks vajalike andmete otsimist.

Oleks mõttetu kujutada endale ette, milline peaks olema inimese mälu maht, kui ta jätaks meelde kõik üksik-

asjad, mitte aga lühikeste mõtestatud ja kvalitatiivsete mudelite kujul. Informatsiooni säilitamine - see on mälu (19).

Inimese sünnist alates hakatakse teda õpetama esemeid sihipäraselt kasutama, töötama (42). Õpilased omandavad küll koolis teatud teadmisi,oskusi, vilumusi, kuid hoopis vähemal määral loomingulist mõtlemisvõimet, probleemide ja ülesannete iseseisva lahendamise võimet ning iseseisva õppimise oskust.

Valmis teadmiste andmise asemel, peaksid õpilased saama ettekujutuse sellest, mis tähendab lahendada probleemi teaduslikult. Tuleb õpetada, kuidas planeerida probleemide uurimist. Probleemõppe korral läheneb õppimise protsess teaduslikule uurimise protsessile. Kui õpilane omandab teadmisi probleeme lahendades, siis kordab ta õppimise käigus mitmeid neid mõttelisi operatsioone, mis esinesid teaduse ajalooski vastavate probleemide lahendamisel (18).

Õpilastele ei saa mällu viia valmis teadmisi, mis ühiskonnalt nõudsid sadu ja tuhandeid aastaid. Need seadused ja mõisted tegid läbi pika arengutee. Samuti ei saa õpilased omandada mõisteid ja seaduspärasusi kohe täies ulatuses ja sügavuses, vaid nad omandatakse arenevalt, kusjuures liikumine toimub järk-järgult nähtuselt olemusele, vähem sügavamalt edasi sügavamale.

Igal õpetamise astmel on ühe või teise mõiste

olemuse avamise sügavus erinev. Teaduses on mõisted, teooriad ja seadused saavutanud oma mõtestamisel sügavaima astme (ülemise piiri), milleni antud momendil on jõudnud inimkonna teaduslik mõtlemine.

Igat teoreetilist küsimust tuleb käsitleda vastavalt arengutasemele, mitte aga õpetada teda teaduse maksiumi juurest. Selles seisnebki õppeaine olemuse erinevus teadusest (56). Siit tuleneb, et õppeaine struktuur peab olema nagu korruseline (42).

Õppeaine oletatava teooria raamides:

1) vaadeldakse õppeainet kui objekti, mis on tuletatud õpetamise eesmärkidest ja õpilaste tunnetusliku tegevuse iseärasustest;
2) õppeaine sisu ja struktuur on määratud õpetamise eesmärgi erinevate komponentide poolt ja sellepärast on nad suhteliselt sõltumatud teineteisest;
3) õppeaine struktuur peab olema korruseline;
4) iga korrus on iseloomustatud talle omase sidemete süsteemiga mõistete ja mõistete abstraktsuse astme vahel.

Iga õppeaine omab oma süsteemi vastastikuseid seoseid, mis tekivad õppeaine eri osade ja mõistete vahel. Neid õppeaine osasid ja mõisteid seob antud teaduse põhiidee. Süsteemisisesed seosed, mida peab õpilane omandama, on määratud õppeaine programmidega. Süsteemisisesto assotsiatsioonide moodustamine nõuab õpetajalt suurt tööd. Õpetaja peab õppeaine nagu tükeldama ja esitama ta loogi-

lises järjestuses.

Süsteemisiseste assotsiatsioonide moodustamisele aitab kaasa pidev kordamine. Kordamisel tekivad uued seosed materjali eri osade vahel ja samal ajal tehakse antud osa kohta üldisi järeldusi.

Kordamisel püütakse kindlaks teha vastavad orientiirid, mis lubavad lülitada seda materjali antud õppeaine üldisesse teadmiste süsteemi. Peamist osa mängib siin vana ja uue materjali vaheliste sisemiste seoste leidmine. Uus materjal paigutatakse vana materjali vundamendile. Vana materjal mõtestatakse ümber uue materjali vaatevinklist.

Ainult faktide, seaduste, mõistete süsteem on võimeline osutuma täisväärtusliku mõtlemise aluseks.

Sellepärast nõuab vaimne areng üleminekut süsteemi üksikseostelt assotsiatsioonide süsteemi tasemele. Selleks suhteliselt kõrgemaks tasemeks on süsteemisisesed või ainesisesed assotsiatsioonid (54).

Õppeaine struktuuri moodustavad faktide, mõistete, seaduspärasuste ja teooriate vahelised vastastikused seosed (V.G.Nanov), kusjuures üksikuid fakte, teooriaid jne. nimetatakse struktuurseteks elementideks, viimaste vahelisi seoseid aga struktuurseteks seosteks.

Sõltuvalt uurimise iseloomust võivad struktuurseteks elementideks olla ka üksikud mõisted, paragrahvid, teemad või koguni õppeaine tervikuna. Struktuurseteks seosteks on siin vastavalt mõistete, paragrahvide, teemade või õp-

peainete vahelised seosed.

Õppeaine struktuurse mudeli koostamisel tuleb õppeaine või mingi selle osa jagada teemadeks, paragrahvideks, mõisteteks ning leida nende vahelised seosed (16).

III. ÕPPEMATERJALI OMANDAMINE

1. Omandamine ja selle psühholoogilised komponendid

Teadmiste omandamine ei toimu stiihiliselt, vaid see on rangelt sihikindel ja plaanipärane protsess. Õpetaja esitab õppematerjali kindlas järgnevuses ja süsteemis ning samal ajal selliselt, et õpilased ei omandaks teadmisi formaalselt, vaid töötaksid need läbi teadlikult.

Omandamine on mõtlemisprotsess, mis algab õppematerjali esialgse tutvumisega ja lõpeb sellega, et see materjal saab õpilase "omaks". Selle tulemusena suudab õpilane õppematerjali selgitada, seostada saadud teadmisi nendega, mis tal varem olemas olid (9).

Õpetamise esimesel etapil ei anta teadmiste kogu mahtu, vaid selleks, et õpilased omandaksid ja mõistaksid uut põhjalikult, esitatakse ainult teadmiste peamine sisu. Edasises töös see maht järk-järgult laieneb. Õpetaja kannab hoolt selle eest, et esitatud materjali maht ja sisu oleksid sellised, et õpilased suudaksid teadmisi võrdlemise, vastandamise ja arutluste abil teadlikult omandada (3).

Omandamise teadlikkus avaldub eelköige selles, et õpilane oskab saadud teadmisi selgitada omapoolsete näidetega, antud reegli võrdlemise teel teiste reeglitega või siis omapoolse formuleeringu esitamisega. Teadlik omandamine pole kunagi isoleeritud, vaid on seotud varem omandatud teadmistega.

Õppematerjali omandamine koolis toimub alati konkreetses õppetöös, õpetaja ja õpilase vahelises kontaktis (9). Õpilane ei ole mitte ainult õpetaja poolt organiseeritava tegevuse objekt, vaid ka subjekt, kes seda tegevust aktiivselt teostab.

Avades mõiste omandamise sisu, kirjutas I. Setšehov sellest, et omandada tähendab "liita võõra kogemuse produktid oma kogemustega." (55, lk. 365). Seda liitmist on võimalik saavutada ainult omandamisele kuuluva materjaliga aktiivse opereerimise kaudu isiklike kogemuste aspektist lähtudes. Teadmiste täielik valdamine on saavutatav ainult siis, kui õpilased rakendavad teadmisi mitmesuguste ülesannete lahendamisel.

Omandamine on alati aktiivne protsess, tegevus, milles õpilased mitte passiivselt ei taju õpetaja seletusi, vaid lahendavad tunnetuslikke ülesandeid ning seostavad saadud teadmisi oma kogemuste ning elupraktikaga, kujundades seega teadlikku suhtumist tegelikkusesse.

Teadmiste omandamise protsessi juures tuleb käsitleda kaht operatsiooni - analüüsi ja sünteesi - põhilistena ja juhtivatena (52). Teadmiste tõeline omandamine toimub ainult analüüsi ja sünteesi tiheda vastastikuse seose puhul, mille füsioloogiliseks aluseks on kahe signaalsüsteemi koostöö.

Teaduse süsteem on materiaalse maailma reaalsete seoste süsteemi peegeldus inimese teadvuses. Kogu loodus "on igaveses tekkimises ja hävimises, lakkamatus voolamises, peatamatus liikumises ja muutumises." (1, lk. 13). Teaduse süs-

teem ongi materiaalse tegelikkuse arenguloo ideaalseks peegelduseks.

Et algajale kergendada teadmiste teadusliku süsteemi omandamist, on vaja teda tutvustada nende konkreetsete faktidega, mille analüüsist teadus järeldab oma põhimõisted, määratlused, seadused, teooriad. "Teadmised korrastatakse süsteemiks, mitte aga ei täideta süsteemi teadmistega." (62, lk. 178). "Mõte tungib sealjuures järk-järgult sügavamale, nähtumuselt olemuse juurde, nii ütelda esimest järku olemuselt teist järku olemuse juurde." (8, lk. 245).

Õeldust ei saa järeldada, et õpilaste tutvustamine teaduse seisukohtadega peab toimuma mingi kursuse lõpuks. Viimaseil aastail püütakse viia teaduse juhtideedega juhitavate teoreetiliste seisukohtade tutvumist kursuse algusele, et edaspidi teooria etendaks organiseerivat osa uue faktilise materjali esitamises (33, lk. 98).

Oldi ka arvamusel, et teadmiste omandamisel tuleb käsitleda igat mõistet, seadust ja reeglit nagu midagi iseseisvat, isoleeritut. See võimaldab koondada õpilaste tähelepanu ainult ühele mõistele, mis pidi vältima selle mõiste segiajamist teiste mõistetega (3).

Didaktikute ja psühholoogide viimastel aastatel tehtud uurimused näitavad, et loogiliselt seotud mõistete samaaegne (paralleelne) omandamine on efektiivsem kui nende eraldi õppimine. Igas õppeaines esineb omavaheliselt seoselt erinevaid teemasid, mis võivad olla sarnased, piirnevad või kontrastsed. Nii sisult kontrastsete kui ka sarnaste ja piir-

nevate teemade samaaegne (paralleelne) läbivõtmine on efektiivsem, kui nende õppimine lineaarses järjestuses. Kõik see viib materjali mõtestatumale omandamisele ning õpilaste mõtlemise ja kõne intensiivsele arengule (21).

Õppeaine didaktiline süsteem peab peegeldama teaduslike mõistete kujunemist õpilaste teadvuses. Kooliprogrammidesse ja õpikutesse lülitatud teadmised peavad olema antud vanuses õpilastele omandamiseks jõukohased nii üldmahu kui ka õpitavate mõistete, seaduste ja teooriate olemuse avamise, põhjalikkuse poolest.

Mõistete, seaduste ja teooriate esitamise mahu kindlaksmääramisel arvestatakse õpilaste eelisi iseärasusi, nende eelneva üldhariduslikku ettevalmistuse ja vaimse arengu taset. Iga uue mõiste või seaduse omandamisel toetutakse varem omandatud mõistetele ja kujutlustele. Käsitluse sügavuse leidmiseks tuleb välja selgitada baas millele võib ehitada uue mõiste, reegli, seaduse (3).

Omandamise psühholoogilised komponendid

Omandamise psühholoogiliste komponentide all mõistame neid õpilase psüühika mitmesuguseid külgi, mille aktiviseerimiseta ja vastava suunitluseta ei saavuta õppimine oma eesmärki.

Komponente tuleb vaadelda vastastikuses seoses, kuid seejuures on vaja neid küllalt selgelt eristada, et igal konkreetsel juhul tunda materjali nõrga omandamise põhjusi.

Omandamise psühholoogilised komponendid on järgmised:
1. Õpilase teadlik suhtumine õppetöösse, mis väljendub tähelepanus, huvis ja valmisolekus raskuste ületamiseks vaja-

likeks tahtepingutusteks.

2. Materjaliga vahetu, meelelise tutvumise protsessid: aisting, taju, vaatlus.

3. Mõtlemine.

Omandamine tähendab kõigepealt arusaamist, sügav arusaamine baseerub aga sisemistel, mitte välistel assotsiatsioonidel. Õppematerjali omandamisel peab õpilane mõtlema, et õigesti mõista ülesandeid ja eesmärke, ning vajaduse korral võrrelda, üldistada, analüüsida, teha järeldusi, suhtuda kriitiliselt oma vigadesse.

4. Mälu- ja fantaasiakujutlused.

Mälu - see on teadmiste omandamine ja säilitamine.

Sõltuvalt materjali sisust ja õpetamise metoodikast esinevad mainitud omandamise psühholoogilised komponendid omandamise erinevatel etappidel ja õppetöö erinevates lülides erinevates vahekordades.

2. Õpilaste teadlik suhtumine õppetöösse

Õpilaste teadlik suhtumine õppetöösse väljendub tähelepanus, huvis ja valmisolekus teha jõupingutusi raskuste ületamiseks.

Tähelepanu on vajalik igasuguse õppematerjali omandamiseks. K.D.Ušinski väljenduse kohaselt on tähelepanu "see uks, mille kaudu läheb läbi kõik, mis välismaailmast inimese hinge tuleb." (17, lk. 151).

Tähelepanu on vaimse töö distsiplineerituse ja organiseerituse vajalikuks tingimuseks ning mida varem saavad õpi-

lased aru selle tähtsusest, seda kiiremini õpivad nad valitsema seda "teadvuse seisundit".

Huvi on õppematerjali omandamise üheks vajalikuks tingimuseks. Olulist osa huvi arengus õppematerjali vastu märgib asjaolu, kuivõrd õpilased mõistavad nende õpingute praktilist tähtsust.

Huvi tõstab õpilaste aktiivsust, kutsub neis esile soovi teatud alal rohkem töötada, rohkem teadmisi omandada. Huvi jõud ja tõsidus avalduvad enamasti selles, kuivõrd tugevad on õpilaste püüdlused aine omandamiseks.

Õpetamise lähendamine kaasaegse teaduse ideedele avaldab positiivset mõju õpilaste teadmishimule, tugevdades püüdu teadmiste omandamiseks.

Teadmiste omandamise võime arendamine peab muutuma iga õpilase isiksuse omaduseks. A. Lunatšarski väidab: "Õppida tuleb alati. Tähendab haridus ei ole ainult kooli asi. Kool annab vaid võtme selle hariduse juurde." (43, lk. 67).

Õpetada tuleb nii, et õpilased tunneksid - nende ees ei ole lihtne teadmiste summa, mis kuulub õppeaine mahtu faktide, sümbolite, märkide, mõistete, reeglite, teoreemide jms. kujul, vaid kindel teadus, "millel on oma uurimismeetodid ja mis temale omases tinglikus keeles peegeldab konkreetset tegelikkust." (39, lk. 350).

3. Meelelise tunnetuse protsessid õppematerjali omandamisel

Lähtemomendiks marksistlik-leninlikus filosoofias on olemise primaarsus ja teadvuse sekundaarsus (3).

Igasugust tunnetamist võib tõlgendada kui modelleerimist. "See tähendab, et kui ma midagi tean, siis on minu ajukoores mudelid, mis peegeldavad objekti!" (19, lk. 23).

Tunnetamise tee läheb "elavalt kaemuselt", s.t. aistingutelt ja tajudelt abstraktsele mõtlemisele ja selle juurest praktikale, mis on tõe kriteerium.

See mis tunnetuse ühiskondlik-ajaloolisel teel saavutati väga pika aja jooksul, toimub individuaalses tunnetuses väga lühikese ajaga (36).

Püsivate teadmiste omandamine sõltub sellest, kuidas õpilased nendega tutvuvad, sõltub reaalse maailma esemete ning nähtuste õigsust moonutamata ja täpsest tajumisest ning nendevaheliste oluliste seoste ja suhete õigest peegeldumisest õpilaste teadvuses (31). Selleks on vaja, et tajumine ei koosneks mingisugusest ühekordsest aktist, vaid kujutaks enesest protsessi, milles õpilased vaatlevad iga uut nähtust või eset eri külgedest, leiavad antud objekti mitmesuguseid seoseid teiste objektidega, nii sarnaste kui ka järsult erinevatega.

Õpetamisel rakendatakse niihästi teadmiste omandamise vahetut teed, mis algab õpitavate nähtuste elavast kaemusest,

kui ka kaudset teed, mille puhul algetapiks on teadmiste saamine õpetaja jutustuse või raamatu kaudu, kuhu on mahutatud üldistatud materjal. Ühe ja teise tee vahel peab olema tihe seos. Lõppkokkuvõttes aga peavad ka üldistatud teadmised toetuma nendele aistingutele, tajudele ja kujutlustele, mis õpilased saavad oma elukogemustest (29).

"Õppeprotsessis ei avastata mingisuguseid uusi tõdesid, vaid omandatakse ainult seda, mis on ajaloolises teaduslikus tunnetuses juba leitud ja avastatud." (28, lk. 107).

Tõesed on teadmised, mis õigesti, adekvaatselt peegeldavad asjade omadusi, seoseid ja suhteid esemete ja nähtuste vahel. Loomulikult ei õnnestu sügavale nähtuste olemusse tungida ühekorraga. Ent inimkond liigub edukalt teel suhteliselt tõelt absoluutsele tõele (8).

Pedagoogi ülesanne on selles, et anda õpilastele teaduslikke, tõeseid teadmisi, juhtida õpilasi teadmiste iseseisva omandamise sellele teele, mis tagab õpilaste tõdede vastavuse sellele, mis on olemas reaalses, objektiivselt inimese teadvusest sõltumatult eksisteerivas maailmas. Ka kõige elementaarsemad teadmised, mis lapsed õpetamise esimesel astmel saavad, ei tohi tõde moonutada.

Omandatud teadmiste tõelisust kontrollib praktika (3).

4. Mõtlemine kui õppematerjali omandamise peamine protsess

Õppeaine sisu omandamine on tihedalt seotud mõtlemise järk-järgulise arenguga. P. Gruzdev on märkinud, et "iga õp-

peaine õpetamises sooritatakse alati üleminekuid uue materjali juurde, millest arusaamine nõuab arenenumat mõtlemist." (28, lk. 131).

Nii või teistsuguste õppematerjali ühtede või teiste teadmiste omandamisel areneb ja täiustub õpilase mõtlemine. Omandades materjali teadlikult, leides tegelikkuse esemete ja nähtuste vahel valitsevaid seoseid ning suhteid, harjutavad õpilased formuleerima täpseid ja selgeid mõisteid, moodustama õigeid otsustusi ja järeldusi, süstematiseerima saadud teadmisi, võrdlema, üldistama ja konkretiseerima õppematerjale.

Tunnetamise ja seega ka mõtlemise ning arusaamise looduslikuks aluseks on ajutised seosed ehk assotsiatsioonid.

"Tähendab, iga väike esimene assotsiatsioon - see on mõtte sündimise moment. Need assotsiatsioonid ..... kasvavad ja suurenevad. Siis öeldakse, et mõtlemine muutub sügavamaks, laiemaks jne." (12, lk. 358).

Mõista midagi uut selle sõna laiemas mõttes, tähendab seostada see uus juba tuntuga, lülitada uus olemasolevate assotsiatsioonide süsteemi. Mida laiem on inimese teadmiste ja elukogemuste ring ning mida lähemal asub uus olemasolevatele assotsiatsioonidele, seda rohkem leiab ta nendes teadmistes tuge ning seda kiiremini me saame sellest aru.

Üleminekul arusaamise madalamalt tasemelt kõrgemale, omandavad õpilased üha keerukamaid analüüsi vorme ja üha mitmekülgsemaid ning üldisemaid sünteesi vorme. Kõige täielikum

arusaamine saabub esemete või nähtuste igakülgsel ja süstemaatilisel uurimisel (9).

Mõtlemine on esemete ja nähtuste oluliste seoste ning seaduspärasuste üldistatud ja kaudse tunnetamise protsess. Mõtlemise paindlikuse üheks oluliseks näitajaks on oskus ühele ja samale nähtusele läheneda erinevast aspektist (3).

Õppematerjali mõistmise raskus sõltub selle materjali objektiivsest keerukusest, samuti arusaamise astmest ehk teiste sõnadega selle materjali lülitamise raskusest juba kujunenud seoste süsteemi.

Iga õppeaine, mida õpilased koolis õpivad, kujutab endast teaduslike mõistete süsteemi. Loogikas defineeritakse mõisteid kui üldistatud teadmisi objektide ja nähtuste olulistest tunnustest. "Mõisted on peaaju - kõrgeim produkt", (8, lk. 153), ütles V.I. Lenin, kuigi ükski mõiste ei saa objekti täielikult peegeldada. Mõisted täienevad teaduse arengu jooksul.

Mõistete kujunemine toimub nende omandamise protsessis. Õppetöös täpsustuvad õpilastel mõisted ühest ja samast objektist, muutuvad sisult sügavamaks, ja nende aluseks olevad assotsiatsioonid süstematiseeruvad üha enam ja enam.

Omandades mõisteid teadlikult, omandavad õpilased ühteaegu sellega kasulikke võtteid ka vaimseks tööks.

Mõistete, otsuste ja järelduste omandamisel kasutavad õpilased niisuguseid mõtlemisoperatsioone nagu analüüs, süntees, võrdlemine, abstraheerimine, üldistamine, konkretiseerimine. Teadmiste omandamise protsessis need operatsioo-

nid õpilastel üha arenevad, esinedes mitmesugustes kombinatsioonides (9).

5. Mälu - ja reprodutseeriva fantaasia osa teadmiste omandamisel

Teadmiste säilitamine - see on mälu (19). Mälu tegevusel õppetöös on väga oluline osa. Tuleb eristada esmast omandamist ja omandamist teadmiste kinnistamise kujul.

Mälutegevus, mis esineb õpilastel tunnis tutvustamisel uue materjaliga, kuulub vahetu omandamise alla, teadmiste kinnistamisel seevastu on vaja selle materjali otsest õppimist.

Esmalt on vaja uuest materjalist aru saada, mõestada see.

Vahetul omandamisel on see iseärasus, et ta on teadmiste kinnistamisega võrreldes vähem tahteline. Vahetult omandatakse alati uus materjal. Vahetu omandamine peab olema allutatud teadlikule omandamisele.

Õpilasel on vajalikud mälu niisuguused omadused nagu omandamise täielikkus ja täpsus, omandatud teadmiste säilitamise kindlus ja nende reprodutseerimise kiirus.

Kindel omandamine on suunatud materjali kestvale säilitamisele mälus, sellele, et õpilased suudaksid õpitavat materjali reprodutseerida ka hiljem, hulk aega pärast selle õppimist. Kindel omandamine tähendab ka materjali sügavamat seostamist õpilasel olemasolevate teadmiste ning elukogemus-

tega.

Reprodutseerimise kiirus seisneb selles, et õpitud materjal meenub õpilasele küllalt ruttu ja just siis, kui seda on vaja.

Ka kõige aktiivsema ja mõtestatuma õppimise korral pole teadmised kindlad, kui neid ei kinnistata kordamisega. Kinnistamisel tuleb lülitada teadmised uutesse seostesse nii sellega, mis on õpitud, kui ka uute eluliste faktidega (2o).

Õpitu kordamisel tuleb õpilasi õpetada materjali aktiivselt reprodutseerima, õppimise erinevatel etappidel on kordamisel spetsiifilised iseärasused ning seepärast peab iga kordamine vastama talle pandud ülesandele. Teadmiste reprodutseerimisel on reprodutseeriva fantaasia osatähtsus küllalt suur.

Reprodutseerimisel muutub materjali struktuur ja osalt ka sisu. Uurimused on näidanud, et õppematerjal, mis kujutab terviklikku süsteemi, seisab hästi meeles ja reprodutseeritakse kiiresti (9).

IV. ÕPILASTE TEADMISTE STRUKTUURI EKSPERIMENTAALNE UURIMINE

Vastavalt uutele programmidele on orgaanilise keemia teoreetiliste aluste õpetamine viidud orgaanilise keemia kursuse algusesse. Orgaaniliste ainete struktuuriteooria ei vaatle ainult keemilise ehituse küsimusi, vaid haarab ka elektronide ja valentssidemete ruumilise paigutuse elemente, sidemete moodustamise võimalusi jne. Orgaanilise keemia kursus arendab oluliselt õpilaste arusaamist ainete ehituse teooriast ja nende keemiliste reaktsioonide toimumise mehhanismist (49).

Käsitledes orgaanilisi ühendeid ja nende omadusi molekulide ehituse ideest lähtudes, ei omanda õpilased teadmisi orgaanilisest keemiast tõdedena, vaid nad kasutavad teadlikult seda teooriat õpitavate ühendite võimalike omaduste väljatoomisel(27).

Õpiku teoreetilise sisu süvandamine ja tihe seos teooria ning praktika vahel, tõstavad suurel määral orgaanilise keemia kursuse osatähtsust õpilaste maailmavaate kujundamisel. Iga keemia õpetaja peab leidma küllalt efektiivseid võtteid ja meetodeid, et õppeprotsessis anda teoreetiliste teadmiste ja praktiliste oskuste kõrval õpilastele õige ettekujutus meid ümbritseva maailma tõelisest olemusest, elava ja elutu materia ühtsusest ning looduse arengu üldistest seaduspärasustest (24).

1. Etüüni teema üldiseloomustus ja õpetamise metoodika

A.L.Smirnov (57) pöörab erilist tähelepanu orgaanilise keemia kursuse õpetamisel sisult teineteisele lähedaste mõistete ja nende vaheliste seoste omandamisele.

Orgaanilise keemia kursuse eranditult range loogiline järjestus arendab õpilaste loogilist mõtlemist ning viib neid kasutama induktsiooni ja deduktsiooni, analüüsi ja sünteesi (65).

Suur hulk orgaanilise keemia kursuse mõisteid kuuluvad abstraktsete mõistete hulka ja nende omandamisel ei saa tugineda ainult õpilaste vahetule kogemusele. Nende mõistete omandamisel tuleb kindlaks määrata see algnivoo, millest algab mõistete omandamine.

Mõiste "aine ehituse" areng eeldab konkreetse alusena aatomi ehituse elektronteooria tundmist ja D.I. Mendelejevi elementide perioodsuse süsteemi tundmist. Kui õpilane tunnetab seoseid üksikute mõistete vahel, mis moodustavad palju üldisema mõiste, siis toob opereerimine ühe mõistega kaasa sellega seotud teiste mõistete kasutamise, mis viib lõppkokkuvõttes palju elavamale mõistete süsteemi omandamisele (48).

Õpilaste teadmiste struktuuri uurimisel kasutati X klassi orgaanilisest keemiast õppeaine lõiku - etüün.

See teema oli ajaliselt sobiv eksperimendi läbi-

viimiseks koolis.

Etüüni õpetamisel tuleb lähtuda süsiniku aatomi ja vesiniku aatomi elektronilise ehituse selgitamisest, elektronpilvede kattumisest, sidemete moodustumisest aatomite vahel.

Etüüni korral on süsiniku aatom kolmandas valentsolekus (sp - hübridisatsioon). Sel juhul astuvad hübridisatsiooni üks 2 s - orbitaal ja üks 2 p - orbitaal, moodustades kaks võrdväärset hübriidset σ -orbitaali, mis on paigutunud ruumis ühe sirge suunas. Ida hübriidne orbitaal võib moodustada σ -sideme, aga p_y- ja p_z- orbitaalid ainult π -sideme.

Süsiniku aatomit kolmandas valentsolekus võib demonstreerida järgmiselt. Seotakse paarikaupa kokku kaks kollast ja kaks sinist õhupalli. p_y- orbitaal moodustub kollastest õhupallidest, p_z- orbitaal sinistest õhupallidest. Sinised ja kollased õhupallid seotakse veel omakorda kokku kahe natuke suurema õhupalliga, mis kujutavad endast hübriidseid σ -orbitaale. Õhupallid tuleb kokku siduda nii, et p_y- ja p_z- orbitaalid oleksid teineteise suhtes risttasanditel ja samuti risti hübriidsete orbitaalidega.

Etüüni molekulis on kaks süsiniku aatomit kolmandas valentsolekus. Etüüni molekuli mudelit võib demonstreerida õpilastele järgmiselt. asetatakse teineteise juurde kaks süsiniku aatomi mudelit kolmandas valentsolekus nii, et neli punast õhupalli (σ-side) asuksid horison-

taaltasandis. Ühe süsiniku aatomi mudeli p_y -orbitaal oleks paralleelne teise süsiniku aatomi mudeli p_y -orbitaaliga (kollased). Samuti peavad paralleelsed olema kaks p_z -orbitaali (sinised).

Kaks p_y-orbitaali ja kaks p_z -orbitaali kattuvad paarikaupa ja moodustavad π -molekulaarorbitaali, mis asuvad teineteise suhtes risti. p-orbitaalide kattumist tuleb läbi viia mõtteliselt (32).

Etüüni keemiliste omadustega tutvumisel pööratakse suurt tähelepanu keemiliste katsete läbiviimise tehnikale ja korrektsusele. Katsete tegemisel peavad õpilased võrdlema etüüni keemilisi omadusi varemõpitud süsivesinike keemiliste omadustega. Soovitav on, et kõik õpilased saaksid läbi viia katsed etüüni keemiliste omaduste kohta.

Esimese katsena võiks läbi viia etüüni saamise CaC_2 -le vee lisamise teel. (Vett lisada väikestes hulkades. Etüüni segu õhuga võib plahvatada.)

Sama katsega võib edasi demonstreerida etüüni põlemist ja lahustuvust vees, etüüni oksüdeerumist kaaliumpermanganaadiga, etüüni liitumisreaktsioone etüüni juhtimisel läbi joodi või broomi vee.

Etüüni saamisel CaC_2 ja vee kaudu saab õpilastele näidata anorgaaniliste ühendite üleminekut orgaanilisteks (37,5).

Süstemaatiline sarnasuste ja erinevuste avastamine ainete koostises, ehituses ja omadustes viib õpilasi aine-

te vaheliste seoste leidmiseni (49).

Ohutustehnikast katsete läbiviimisel.

Etüüni saamine ja selle põlemise demonstreerimine kuulub plahvatusohtlike katsete hulka.

Katsed, mille puhul võib esineda plahvatusi ja samuti esineb põlemise oht, on ohtlikud ka tulekahju tekkimise seisukohast.

Selliseid katseid tuleb teha kaitseekraani taga ja katse tegija peab kandma kaitseprille ning kitlit. Põlevate gaasidega katsete tegemisel tuleb alati enne kontrollida nende puhtust. Kui gaas süttib helitult, on ta puhas.

Kustutamiseks olgu liiv käepärast.

Õpilased ei tohi oma äranägemisel kasutada kooli kemikaalide varusid.

Ohutute katsete tegemise saavutab õpetaja siis, kui ta arvestab esineda võivaid ohte ja tunneb põhjalikult ohutustehnikat (14).

2. Õpilaste teadmiste struktuuri uurimise metoodikast.

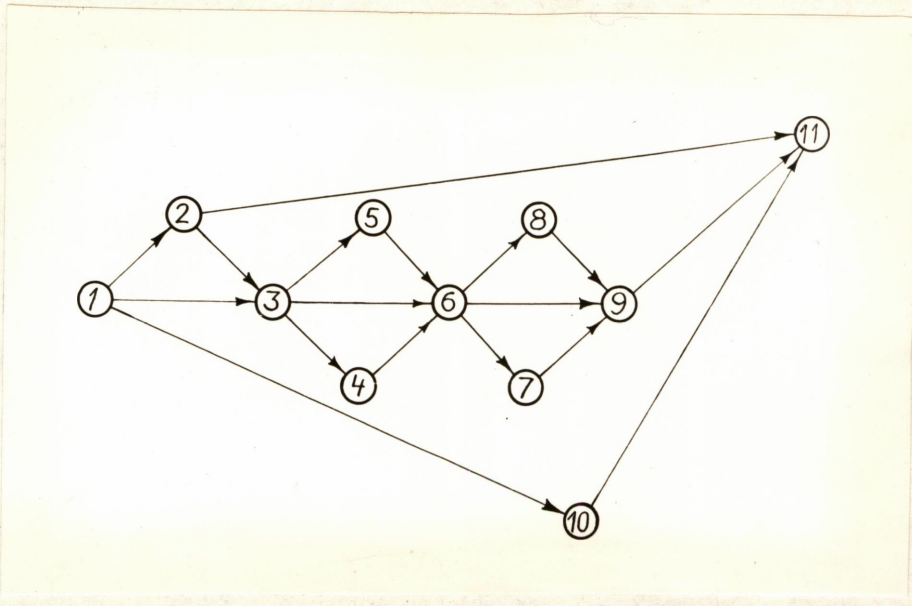
Omandamist iseloomustab teadmiste õigsus, täielikkus, püsivus jne. Igal õppeainel ja selle osal on oma struktuur. Et kindlaks määrata, kas reprodutseeritud teadmiste struktuur vastab õppeaine osa struktuurile, on vaja teada seoseid, mis tekkisid õppematerjali löi-

gust õpilaste teadmistes.

Õpilaste teadmiste struktuuri uurimiseks valiti teatavasti teema "Etüün" 10.klassi keemiakursusest. Selle ülesande lahendamiseks tuli kõigepealt koostada mudel etüüni teema kohta. Mudel kujutab endast graafskeemi, mille koostamiseks:

1) jagatakse teema paladeks;
2) leitakse nendevahelised seosed (võib anda ka maatriksina).

Etüüni struktuuri modelleeriv graaf näitab, millised küsimused on õpikus toodud esituses omavahel seotud.



Joonis 1. Etüüni struktuuri modelleeriv graaf.

Paladega antud õppeaine osade sisu:

1. lihtsaima alküüni valem.
2. Etüüni füüsikalised omadused.
3. Etüüni molekuli ehitus.
4. -side etüüni molekulis.
5. -side etüüni molekulis.
6. Kolmiksideme mõiste.
7. Etüüni põlemine.
8. Etüüni liitumisreaktsioonid.
9. Etüüni keemiliste reaktsioonide toimumise mehhanism.
10. Etüüni saamine.
11. Omadused, millel põhineb etüüni kasutamine (4,5).

Kuid missugused loogilised seosed tekkisid õpilaste teadmistes vastava õppeaine omandamisel? Kas teadmiste struktuur vastab õppeaine lõigu struktuurile? Kas ühe õppeaine pala ununemine tingib ka teiste palade mitteteadmist jne. Neile küsimustele võib leida vastust siis, kui tehakse kindlaks õpilaste teadmiste struktuur.

Õpilaste teadmiste struktuuri määrati eksperimentaalselt. Korraldati test etüüni kohta. Testis anti iga õppeaine pala eraldi punktina. Õpilased said kirjalikud ülesanded trükitud kujul - testid (26,58). Õppeaine palad töötati ümber nii, et klassides oli võimalik töö läbi viia kahes variandis. Üksikud palad olid jaotatud kahe variandi vahel nii, et neis ei esinenud sisulist erinevust. Ainult teises variandis mõistetakse pala number 6

all ⌀ -sidet ja pala number 4 all ⊤ -sidet. Esimeses variandis oli vastupidi.

Testi hindamisel pöörati põhitähelepanu sellele, mida igale küsimusele antud vastuses tahetakse näha. Kui näiteks õppeaine pala on antud lünktestina, siis saab õpilane selle eest niimitu punkti, kuimitu lünka on tekstis. Kui mõne punkti vastamisel tuleb koostada reaktsiooni võrrand, siis võib õpilane saada selle eest 4 punkti (lähteainete ja reaktsiooni produktide valik - 1 punkt; kõikide ainete valemite koostamine - 1 punkt; koefitsientide leidmine - 2 punkti).

Testi hindamisel saadud andmete statistilisel töötlusel saab kindlaks määrata seoseid, mis tekkisid õpilaste teadmistes õppeaine palade vahel.

Dialektiline lähenemine looduse ja ühiskonna probleemidele nõuab protsesside ja nähtuste uurimist nende vastastikuses seoses (15).

Õppeprotsessiga seotud nähtused sõltuvad väga paljudest , sageli muutuvatest põhjustest, mis on tihti raskesti määratavad. Ka teadmiste struktuur sõltub paljudest faktoritest: õpilaste individuaalsed iseärasused, õppemeetodid, õppeaine jne.

Korrelatsioonanalüüs aitab neid seoseid leida ja uurida. Üksikute aine osade vaheline korrelatsioon on üks lähenemisviis õpilaste teadmiste struktuuri uurimisel.

Korrelatsioonanalüüsi aluseks on seose tiheduse mõiste. Lineaarne korrelatsioonikordaja r_{ij} näitab lineaarse seose tihedust kahe õppeaine pala eest saadud punktide arvu vahel. Lineaarne tähendab siin, et otsitavat seost võib väga ligikaudselt väljendada lineaarse funktsioonina $y = ax + b$ (15). Lineaarse seose puudumine ei tarvitse sugugi tähendada mingi keerulisemat laadi seose puudumist.

Kehtib seos $-1 \leq r_{ij} \leq 1$. Olenevalt sellest, missuguse väärtusega on r_{ij} - võime öelda, kas seos on tihe või ei. Kui r_{ij} - on lähedane ühele, siis on järelikult palad õpilaste teadmistes tihedalt seotud. Kui r_{ij} on lähedane nullile, siis on seos nõrk.

Testid viidi läbi Tartu II Keskkoolis, Tartu V Keskkoolis ja Nõo Keskkoolis. Kokku võttis eksperimendist osa 142 õpilast. Neist 75 vastasid esimese rühma küsimustele ja 67 teise rühma küsimustele.

Lineaarsete korrelatsioonikoefitsientide alusel kirjutati välja korrelatsiooni maatriks $R = (r_{ij})$, mis saadi eksperimendi teel ja mis näitab neid seoseid, mis tekkisid õpilaste teadmistes õppeaine palade vahel (51). Maatriksi $R = (r_{ij})$ elemendid määratakse järgmiselt:

$r_{ij} > 0$ või $r_{ij} < 0$, kui $/ r_{ij} / > r_{f1q}$ ja

$r_{ij} = 0$, kui $/r_{ij}/ < r_{f1q}$

Testi I variant

Paladega antud õppeaine osade sisu.

1. Lihtsaima analüüsi valem.
2. Etüüni saamine laboratooriumis.
3. Etüüni füüsikalised omadused.
4. σ - side etüüni molekulis.
5. Etüüni liitumisreaktsioonid.
6. π -side etüüni molekulis.
7. Etüüni põlemine.
8. Kolmiksideme mõiste.
9. Etüüni molekuli ehitus.
10. Etüüni keemiliste reaktsioonide toimumise mehhanism.
11. Omadused, millel põhineb etüüni kasutamine.

Testi II variant

Paladega antud õppeaine osade sisu.

1. Lihtsaima analüüsi valem.
2. Etüüni saamine tööstuses.
3. Etüüni füüsikalised omadused.
4. π - side etüüni molekulis.
5. Etüüni liitumisreaktsioonid.
6. σ - side etüüni molekulis.
7. Etüüni põlemine.
8. Kolmiksideme mõiste.
9. Etüüni molekuli ehitus.

10. Etüüni keemiliste reaktsioonide toimumise mehhanism.
11. Omadused, millel põhineb etüüni kasutamine.

1. Korrelatsiooni maatriks

Nõo Keskkool (I variant, N=32; $r_{f,q} > 0{,}35$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	11
1											
2	o										
3	o	o									
4	o,5615	o	o								
5	o,3778	o	o	o,6674							
6	o	o	o	o,4546	o,4955						
7	o,452o	o	o,5399	o,3576	o,4333	o					
8	o,5751	o	o	o,7856	o,6993	o,545o	o,4522				
9	o,6741	o	o	o,6o26	o,5776	o,3817	o,5655	o,6671			
1o	o,52o5	o	o	o,7434	o,8o27	o,5637	o,48o7	o,7838	o,6896		
11	o,3947	o	o	o,4875	o,7162	o,4797	o,4o25	o,5791	o,52o7	o,6613	

2. Korrelatsiooni maatriks

Tartu II Keskkool (I variant, N=27; $r_{f,q} > 0,38$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	o										
3	o	o									
4	o	o	o								
5	o	o	o	o							
6	o	o	o	o,4472	o						
7	o	o	o	o	o	o					
8	o	o	o	o	o	o,4403	o				
9	o	o	o	o	o	o	o	o			
10	o	o	o	o,4203	o	o	o	o	o		
11	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	

3. Korrelatsiooni maatriks

Tartu V Keskkool (I variant, N=16; $r_{f,q} > 0,50$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	o										
3	o	o									
4	o	o	o								
5	o	o	o	0,4925							
6	o	o	0,5054	o	o						
7	o	o	o	o	o	o					
8	o	o	o	o	0,6209	o	0,5117				
9	o	o	o	o	o	o	o	o			
10	o	o	o	o	0,7669	o	o	0,5805	o		
11	o	o	o	o	0,5167	o	0,5913	o	o	o	

4. I variandi kokkuvõtlik korrelatsiooni maatriks

(N=75; $r_{f,q} > 0,29$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	0										
3	0	0									
4	0,3522	0	0								
5	0,2917	0	0	0,4050							
6	0	0	0	0,3899	0						
7	0	0	0,3047	0	0	0					
8	0,4129	0	0	0,4314	0,3932	0,3830	0,3845				
9	0,6498	0	0	0,3752	0,4278	0	0,3352	0,4957			
10	0,4153	0	0	0,5222	0,6572	0,3899	0	0,6290	0,5670		
11	0	0	0	0	0,4410	0,3543	0,4268	0,3502	0,4178	0,4357	

5. Korrelatsiooni maatriks

Nõo Keskkool (II variant, N=3o; $3_{r,q} > o,36$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	11
1											
2	o										
3	o	o									
4	o	o,4273	o								
5	o	o,4469	o	o,5339							
6	o,4579	o,57o8	o	o	o						
7	o,3713	o	o	o,4o55	o,3936	o,4912					
8	o,3816	o,4144	o	o,5113	o,3989	o,5715	o				
9	o	o	o	o	o	o	o	o			
1o	o,4542	o,4988	o	o,4276	o	o,6o88	o,4121	o,4324	o		
11	o,5o77	o,5264	o	o,4394	o	o,5917	o,414o	o,52o6	o	o,8116	

6. Korrelatsiooni maatriks

Tartu II Keskkool (II variant, N=23; $r_{f,q} > 0,41$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	o										
3	o	o									
4	o	o	o								
5	o	o	o	o,4343							
6	o	o	o	o,4207	o						
7	o	o	o	o	o	o					
8	o	o	o	o	o	o	o				
9	o	o	o	o	o	o	o	o			
10	o	o	o	o,5466	o	o	o	o	o		
11	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o,5824	

7. Korrelatsiooni maatriks

Tartu V Keskkool (II variant, N=14; $r_{f,q} > 0,53$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	0										
3	0	0									
4	0	0	0								
5	0	0	0	0							
6	0	0	0	0	0,5337						
7	0	0,7257	0	0	0	0					
8	0	0	0	0	0	0	0				
9	0,8040	0	0	0	0	0	0	0			
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11	0	0	0	0,5770	0	0	0	0,6215	0	0	

8. II variandi kokkuvõtlik korrelatsiooni maatriks

(N=67; $r_{f,q} > 0{,}25$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	0										
3	0	0									
4	0	0,3188	0								
5	0	0,2914	0	0,4071							
6	0,3460	0,4372	0	0,3270	0,3685						
7	0	0,3493	0	0	0	0,2827					
8	0	0,3588	0	0,3841	0	0,4349	0,2653				
9	0	0	0	0	0	0	0	0			
10	0,2669	0,3795	0	0,3735	0	0,3446	0,2611	0,3657	0		
11	0,2721	0,3340	0	0,3998	0	0,4691	0,3211	0,4161	0	0,6340	

9. Etüüni struktuuri modelleeriva graafi maatriks

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

3. Järeldusi

Nagu I variandi testide analüüs näitas, olid tulemused köikides koolides küllaltki ühtlased.

Tartu II Keskkooli testi vastused olid natuke paremad kui teistel koolidel.

Variatsioonikoefitsient ja standarthälve näitasid, et köige ebatäpsemad olid vastused neljanda ja kuuenda pala puhul köikides koolides. Tartu II Keskkoolis oli aga variatsioonikoefitsient väga suur veel kümnenda ja üheteistkümnenda pala vastuste korral.

Väga tihedalt on öppeaine palad seotud Nöo Keskkooli öpilaste teadmistes. Näiteks lähevad seosed kolmiksideme möistest etüüni liitumisreaktsioonide üldise mehhanismi - $r_{8,10}=0,7838$ (vt. maatriks 1) ja etüüni omaduste juurde, millele pöhineb kasutamine - $r_{8,11}=0,5791$ (vt. maatriks 1). Kolmiksideme möiste tundmaöppimiseks on aga vaja teadmisi: lihtsaima alküüni valemist - $r_{1,8}=0,5751$ (vt. maatriks 1), σ -sidemest - $r_{4,8}=0,7856$ (vt. maatriks 1), π -sidemest - $r_{6,8}=0,5450$ (vt. maatriks 1), liitumisreaktsioonidest $r_{5,8}=0,6993$ (vt. maatriks 1).

Tartu II Keskkooli öpilaste teadmistes on kolmiksideme möiste väga tihedalt seotud π -sideme möistega - $r_{6,8}=0,4403$ (vt. maatriks 2).

Teised seosed on nörgemad. Üldiselt võib öelda, et öpilaste teadmistes on kolmiksideme möiste tihedalt seotud

nii σ -sidemega kui ka π -sidemega. Need seosed on olemas ka õppeaine struktuuris. Mõnes kohas esineb seoseid kolmiksideme mõiste ja etüüni saamise, liitumisreaktsioonide ning lihtsaima alküüni valemi vahel. Kuid põhiseos σ -sideme, π -sideme ja kolmiksideme vahel on väga ilmekalt esile tulnud. Õpilaste teadmiste struktuuris ei esine kõiki neid seoseid, mis õppeaine struktuuris. Mõned seosed puuduvad, palju on aga uusi seoseid. Kindlasti on osa seoseid formaalsed, sest eelmisel tunnil omandatud õppeaine lõik võib mälus hästi säilinud olla. Kuid kõik need seosed ei pruugi püsivad olla. Võib-olla saab õpilaste teadmiste struktuuri kohta paremaid andmeid siis, kui sama töö viia läbi koolis mõne aja möödudes. Aja jooksul ebapüsivad seosed kaovad ja teadmistes jäävad palade vahele niisugused seosed, mis on püsivad.

Millised seosed tekkisid õpilaste teadmistes vastavate õppeaine palade vahel sõltub väga paljudest asjaoludest. Osalt sõltub see muidugi õpetajast, kes õppeaine lõiku õpilastele esitab. Kas õpetaja suudab klassi aktiviseerida, et õpilased tähelepanelikult ning teadlikult võtaksid vastu uusi teadmisi ja seostaksid need varemõpituga.

Õpilaste teadmiste struktuur sõltub ka sellest, kui kiiresti võetakse materjal läbi. Näiteks võeti Tartu II Keskkoolis kogu etüüni materjal läbi ühe tunniga. Põhiseostena tekkisid õpilaste teadmistes seosed σ -sideme ja liitumisreaktsioonide üldise mehanismi vahel, π -sideme ja kolmiksideme vahel, σ -sideme ja π -sideme vahel. Muidugi

tekkis ka palju teisi seoseid õppeaine palade vahel, kuid need lineaarsed korrelatsioonikordajad ei ole statistiliselt olulised, et võiks oletada kindlat seost õpilaste teadmistes vastavate palade vahel. (Kõik lineaarsed korrelatsioonikordajad on antud lisas.) Materjal jäi õpilaste jaoks nagu hajutatuks. Hästi olid Nõo Keskkooli õpilaste teadmistes õppeaine palad omavahel seotud.

Testi II variandi analüüs näitas, et testi tulemused olid küllaltki ühtlase tasemega kõikides koolides. Tartu V Keskkoolis olid vastuste variatsiooni koefitsiendid ning standarthälbed väga suured. Eriti suuri kõikumisi esines viienda ja seitsmenda pala vastustes. Kõikides koolides olid küllalt suure ebatäpsusega vastatud küsimustele, mis nõudsid σ -sideme ja π -sideme tundmist.

Kolmiksideme tundmaõppimiseks on vajalikud teadmised lihtsamast alküüni valemist, liitumis- ja põlemisreaktsioonidest (vt. maatriks 5). Kõige suurema tõenäosusega on aga seosed σ -sideme ja kolmiksideme vahel - $r_{6,8}=0,5715$ (vt. maatriks 5) ja π -sideme ning kolmiksideme vahel - $r_{4,8}=0,5113$ (vt. maatriks 5). Kolmiksidemest lähevad seosed liitumisreaktsioonide üldise mehanismi juurde $r_{8,10}=0,4324$ (vt. maatriks 5) ja omaduste juurde, millel põhineb kasutamine - $r_{8,11}=0,6215$ (vt. maatriks 7), $r_{8,11}=0,5206$ (vt. maatriks 5), $r_{8,11}=0,3502$ (vt.maatriks 8). Ka õppeaine struktuuri modellerivas graafis on need seosed.

Tartu II Keskkooli ja Tartu V Keskkooli korrelatsiooni maatriksis on statistiliselt olulisi seoseid väga

vähe. Seoses sellega, et õpilaste arv on väike, on $r_{f,q}$ 0,53 väärtus küllalt suur. Sellest aga ei saa järeldada, et siin õpilastel puuduksid seosed õppeaine palade vahel. Neid seoseid näitab paremini kokkuvõtlik korrelatsiooni maatriks, kus kõikide õpilaste teadmistest on tehtud ülks korrelatsiooni maatriks, mille korrelatsioonikordaja $r_{f,q} > 0,29$.

Tartu II Keskkooli ja Tartu V Keskkooli II variandi korrelatsiooni maatriksid näitavad väga ilmekalt tihedaid seoseid lihtsaima alküüni valemi ja etüüni molekuli ehituse vahel - $r_{1,9}=0,8040$ (vt. maatriks 7). Ka õppeaine struktuuris on vastav seos olemas. Veel on tihedalt seotud etüüni saamine tööstuses ning etüüni täielik põlemine - $r_{2,7}=0,7257$ (vt. maatriks 7). Võib-olla on selle seose tihedus tingitud asjaolust, et nimetatud variandis oli küsimus: "Missugusel etüüni omadustel põhineb tema kasutamine autogeenkeevitusel?" Nimetatud seos on olemas ka õppeaine struktuuri modelleerivas graafis.

Kokkuvõtteks võib öelda, et õpilaste teadmiste struktuuris on väga tihedalt seotud niisugused mõisted nagu σ -side, π -side, kolmikside õppeaine lõigu teiste paladega. Väga palju on õpilaste teadmistes tekkinud seoseid õppeaine palade vahel, mis viivad etüüni omaduste juurde, millel põhineb tema kasutamine. Näiteks liitumisreaktsioonide üldise mehanismi ja kasutamise vahel on õpilaste teadmistes seos, mille - $r_{10,11}=0,8116$ (vt. maatriks 5).

Õpilaste teadmiste struktuur oleneb oluliselt õpi-

lastest, missugused on nende eelteadmised, kuidas nad suhtuvad õppetöösse, kui kiiresti õpilased suudavad aru saada uuest materjalist ja kui kindlalt seotakse uued teadmised varasemate teadmistega.

Õppeprotsessi käigus situatsioonid pidevalt varieeruvad ja teadmiste edasiandmise protsessi mõjutavad paljud mittekontrollitavad faktorid. Seetõttu ei ole võimalik ka kindlaks määrata kõiki neid tegureid, mis mõjutavad õpilaste teadmiste struktuuri.

Õpilaste teadmiste struktuuri uurimine võimaldab kindlaks määrata, millises järjestuses tuleb õpilastele teadmisi esitada, õppematerjali arusaadavust, kas õpilased omandavad teadmisi paremini kui õppeaine on esitatud hästi kompaktselt või kui esitamisel on kasutatud laialdasemat materjali jne.

Õppeaine struktuuri uurimine ja õpilaste teadmiste struktuuri uurimine võimaldavad kaasaja teaduse kiirel arengul välja eraldada õppeaine jaoks kõige efektiivsema mõistete, faktide ja teooriate süsteemi.

Õpilaste teadmiste struktuuri uurimine aitab lahendada nii mõningaidki küsimusi, mis kerkivad üles uute teadmiste esitamisel ja õppeaine ülesehitamisel.

K O K K U V Õ T E

Käesolevas diplomitöös anti ülevaade matemaatilistest uurimismeetoditest pedagoogikas ja keemia õpetamise metoodikas.

Lühidalt peatuti ka õppeaine ja selle omandamisel. Õppeaine juures pöörati põhitähelepanu õppeaine struktuurile. Õppeaine struktuuri uuriti graafiteooria abil.

Diplomitöö ülesandeks oli õpilaste teadmiste struktuuri uurimine küllastamata süsivesiniku "Etüün" näitel. Püüti selgitada õpilaste teadmiste struktuuri vastavust õppeaine struktuurile ja tegureid, millest sõltub teadmiste struktuur.

Õpilaste teadmiste struktuuri uurimiseks kasutati korrelatsioonanalüüsi. Nagu eksperiment näitas, ei vasta õpilaste teadmiste struktuur täpselt õppeaine struktuurile, kuid põhiseosed, mis esinesid õppeaine struktuuris, olid väga ilmekalt esile tulnud ka õpilaste teadmiste struktuuris. Näiteks oli kolmiksideme mõistega väga tihedalt seotud σ -side - $r_{4,8}=0,7856$ (vt. maatriks 1) ja π -side - $r_{6,8}=0,5450$ (vt. maatriks 1).

Õpilaste teadmiste struktuuris esines seoseid, mida ei esinenud õppeaine struktuuris. Võib arvata, et osa nendest seostest on formaalsed ja kaovad aja möödudes, jäävad seosed, mis on püsivad õpilaste teadmiste struktuuris. Sel-

le väite kontrollimiseks tuleks läbi viia teine test mõne aja möödudes.

Õpilaste teadmiste struktuuri uurimine aitab selgusele jõuda, millise raskusastmega võib esitada õppeaine osasid, missugune peaks olema õppeaine esituse järjestus, millist metoodikat kasutada jne.

Õpilaste teadmiste struktuuri uurimisel tehakse alles esimesi samme. Selles küsimuses on veel liiga palju küsimärke. Õpilaste teadmiste struktuuri kindlaksmääramine nõuab sügavamat uurimist ja suuremat eksperimentide hulka, et mingeid kindlaid järeldusi teha.

Gesse

Резюме

Об изучении структуры знаний на примере непредельных углеводородов.

Разработка различных проблем методики преподавания в школе на современном научном уровне требует применения логических и математических методов исследования. Одной из возможностей в этом направлении является изучение структуру знаний учащихся с помощью точных методов.

Каждый учебный предмет или какую-либо часть по можно прелстанить в виде (ориентированного) графа $G = (X, U)$, где $X = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$ множество вершин - структурных элементов этого графа и $U = \{u_1, u_2, \ldots u_m\}$ множество пар (или связей). Любой граф полностью определяется своей матрицей смежности $A = (a_{ij})$

Структура знаний учащихся по данному учебному материлу "Этин" отличается от теоретической модели, и по - видимому, зависит от методов преподавания, индивидуальных особенностей учащихся и.т.д.

Так получают новую матрицу $R = (r_{ij})$ (корреляционную матрицу). Эта была создана экспериментальным путем. С этой целью была проведены тесты учащимся X класса.

Анализ созданной модели знании показала, что особенно тесно были связаны в ответах учащихся такие понятие как σ -связь, π -связь и тройная связь.

На основе созданной модели можно решить разные проблемы усвоения знании по химии, например, прочность знаний, доступность учебного материала и.т.д.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Engels, F. Looduse dialektika. Tallinn, 1962, lk.13.
2. Frank, H. Kybernetische Grundlagen der Pädagogik, Baden-Baden, 1961.
3. Jessipov, B.P. Didaktika alused. Kirjastus "Valgus", 1970.
4. "Kaheksaklassilise kooli, keskkooli ja õhtukooli programmid 1970/71 õppeaastaks. Keemia", ENSV Haridusministeerium, Tallinn, 1970.
5. Karik, H., Ratassepp, V. Keemia X-XI klassile. Kirjastus "Valgus", 1970.
6. Koit, A. Pilk graafiteooriasse. "Matemaatika ja kaasaeg XIV ", Tartu, 1968.
7. Kull, I. Matemaatikaalaseid probleeme seoses õppeprotsessi optimeerimisega. "Täppisteaduste arengu ja metoodika põhiküsimusi ENSV-s", Tartu, 1965.
8. Lenin, V.I. Teosed 38 kd., Tallinn, 1964.
9. Levitov, N. Lapse- ja pedagoogiline psühholoogia. Tallinn, Kirjastus "Valgus", 1968.
10. Lukas, E. Kasvatusprotsessi süsteem-struktuaalne analüüs. "Nõukogude Kool", 1971, nr. 2.
11. "NLKP Keskkomitees ja NSV Liidu Ministrite Nõukogus. Üldhariduslike keskkoolide töö edasise paran-

damise abinõudest. " "Rahva Hääl", 19.november, 1966.

12. Pavlov, I. Valitud teosed. Tallinn, 1955, lk. 358.

13. Quastler, H. Information theory in psychology. Glencol, Free-press, 1956.

14. Ratassepp, V. Ohutustehnika keemia õpetamisel. "Nõukogude Kool", 1966, nr. 12.

15. Tšervjakov, V. Matemaatilise statistika alused. Tartu, 1970.

16. Töldsepp, A. Mõningatest õppeaine struktuuri uurimise probleemidest. "Keemiaõpetajate teaduslik-metoodiline konverents 1-3 detsember 1969.a.", Tallinn, 1969.

17. Ušinski, K.D. Valitud pedagoogilised teosed, I kd., Tallinn, 1958, lk. 151.

18. Vihalemm, R. Teaduse progress ja õppeprogrammid. "Nõukogude Õpetaja", laup. 11.aprill 1970.

19. Амосов,Н.М. Моделирование сложных систем. Киев, Изд. "Наука Думка", 1968.

20. Балашов, Г.И. Теория и практика закрепления нового учебного материала на уроке. М., Учпедгиз,1955.

21. Балашова, Л.И. Одновременное изучение взаимо связанных тем. "Советская педагогика", 1964, № I.

22. Берг,А.И. Кибернетика на службу коммунизму. М., Госэнергоиздат., 1961.

23. Берж, К. Теория графов и ее применения. М., Изд. и Л, 1962.

24. Бременер Л.М. Воспитание материалистического мировоззрения учащихся на уроках химии. "Химия в школе", 1961, № 1.

25. Виданов,Ф.А. Вопросы теории учебного предмета. "Советская педагогика", 1970, № 1.

26. Воскерчьян,С.И. Об использовании методы тестов при учете успеваемости школьников. "Советская педагогика", 1963, № 10.

27. Гаврусейко, Н.П. О новом учебнике по органической химии. "Химия в школе", 1969 № 5.

28. Груздев, П.Н. Вопросы воспитания и обучения. М., Изд. АПН РСФСР, 1949.

29. Данилов, М.А. Сущность обучения. "Советская педагогика", 1948, № 6.

30. Джорж,Ф. Мозг как вычислительная машина. М., Изд. и и Л, 1963.

31. Добрынин,Н.Р. Проблема значимости в психологии. " Материалы совещания по психологии", М., Изд. АПН РСФСР, 1957.

32. Ерофеев, Б.В., Миллиареси, Е.Е. Модели электронных облаков и гибридизация атома углерода. "Химия в школе", 1970, № 1.

33. "Известия АПН РСФСР". Вып. 4. М., Изд. АПН РСФСР, 1946, стр. 98.

34. Ительсон, Л.Б. Математические и кибернетические методы в педагогике. М., "Просвещение", 1964.

35. Ительсон, Л.Б. Информационный принцип в математическом моделировании процессов учения и познавательной деятельности. Учёные записки. Серия "Педагогика и психология", вып. 2, Владимир, 1968.

36. Кедров, Б.М. Единство диалектики, логики и теории познания. М, Изд. Госполитиздат, 1963.

37. Киркшкин, Д.М. Методика преподавания химии. М., Учпедгиз, 1958.

38. Королев, Ф.Ф. , Гмурман, В.Е. Общие основы педагогики. М., "Просвещение", 1967.

39. Корощунков, С.А. Борьба за прочные и глубокие знания учащихся по математике. В сб.:"Из опыта преподавания математики в VIII-X классах." М., Учпедгиз, 1955, стр. 350.

40. Костюк, В.Н. Теория систем как теория отношений. "Системные исследования", М., Изд. "Наука", 1969.

41. Лафарг, П. Воспоминание о Марксе. М., Госполитиздат, 1956, стр. 66.

42. Логинов, И.И. К теории построения учебного предмета. "Советская педагогика", 1969, № 3.

43. Луначарский, А.В. О народном образовании. М., Изд. АПН РСФСР, 1958, стр. 67.

44. Маркушевич, А.И. Наука и учебный предмет. "Советская педагогика", 1965, № 7.

45. Митропольский, А.К. Техника статистических вычислений. М., Физматгиз, 1964.

46. Мулу, Н. Структурные методы и философия науки. "Вопросы философии", 1969, № 2.

47. Нетушил, А.В. , Никитин, А.В. Об оптимальной структуре изложения учебного материала. "Электромеханика", 1969, № 2.

48. Осокина, Г. Н. Психологические особенности формирования понятий в органической химии. "Химия в школе", 1965, № 3.

49. Осокина, Г.Н. Заключительные уроки по курсу органической химии. "Химия в школе", 1967, № 3.

50. Полосин, В.С. Некоторые приёмы исследования в методике обучения химии. "Химия в школе", 1967, № 3.

51. Рамуль, К.А. Введение в методы экспериментальной психологии. Тарту, 1965.

52. Рубинштейн, С.Л. Вопросы психологической теории. "Вопросы психологии", 1955, № 1.

53. Саати, Г. Математические методы исследования операции. М., Воениздат, 1963.

54. Самарин, Ю.А. Очерки психологии ума. М., 1962.

55. Сеченов, И.М. Избранные произведения. М., Изд. АП СССР, 1952, стр. 365.

56. Скаткин, М. Н. Вопросы построения программ в советской

школе. "Отделение педагогики", Известия академии педагогических наук. РСФСР, вып. 20, 1949.

57. Смирнов, А.Л. Вопросы психологии усвоения понятий школьниками. "Советская педагогика", 1946,№ 3.

58. Сморгонская-Рысе В.Л. Новое в преподавании химии в средних школах США. "Химия в школе", 1963, № 5.

59. Соловьева, Е.Е. Некоторые вопросы методики педагогического исследования. "Советская педагогика", 1970,№ 12.

60. Сохор, А. М. Об анализа внутренних связей учебного материала. "Новые исследования в педагогических науках", вып. IУ . М., "Просвещение", 1965.

61. Структурно-системные исследования педагогических явлений и процессов. "Советская педагогика", 1971, № 1.

62. Ушинский, К.Д. Собр. соч. т. 3, стр. 178.

63.Шаповаленко, С.Т. Методика обучения химии. Учпедгиз, 1963.

64. Штайнбух, К. Обучаемая матрица. "Зарубежная радиоэлектроника", 1962, № 1.

65. Цветков, Л. А. Содержание и построение курса органической химии в средней школе. "Известия АПН РСФСР, вып. 122, 1962, стр. 18.

LISA

I TESTID

Test 1o. klassile

(Etüün)

I variant

Õpilase nimi .....

Kool .....

Klass .....

Kuupäev .....

1. Lihtsaima alküüni valem on .....
2. Etüüni saamine laboratooriumis.
   1) .....
3. Loetlege etüüni füüsikalisi omadusi:
   1) .....
   2) .....
   3) .....
   4) .....
4. Milliste aatomite milliste orbitaalide vahel moodustub σ-side etüünil?

5. Kirjutage etüüni liitumisreaktsiooni võrrandid lihtainetega.
   1) .....
   2) .....

6. Mitu π -sidet on etüüni molekulis ja joonistage nende ruumiline paigutus.

7. Nimetage etüüni mittetäieliku põlemise reaktsiooni tingimused ja kirjutage reaktsioonivõrrand.

8. Kolmiksideme moiste.

9. Etüüni molekulis on .....(arv)..... aatomit, millest kumbki on seotud .....(arv) ..... aatomiga. Etüüni molekuli struktuurvalem on seega .....

10. Selgitage etüüni liitumisreaktsioonide mehanismi üldisel juhul (võtke liitumisreaktsiooni astuva aine üldvalemiks x_2).

11. Missugustel etüüni omadustel põhineb tema kasutamine sünteetilise kautšuki, plastmasside, tetrakllooretaani tootmisel?

Test 10. klassile

(Etüün)

II variant

Õpilase nimi .....

Kool .....

Klass .....

Kuupäev .....

1. Etüüni molekulis on ..... (arv) ..... aatomit, millest kumbki on seotud ..... (arv) ..... aatomiga. Etüüni molekuli struktuurvalem on seega .....
.....
2. Etüüni saamine tööstuses.
   1) .....
   2) .....
3. Lihtsaima alküüni valem on .....
4. Mitu π-sidet on etüüni molekulis ja joonistage nende ruumiline paigutus.

5. Kirjutage etüüni liitumisreaktsiooni võrrand liitainega.
   1) .....
6. Milliste aatomite milliste orbitaalide vahel moodustub σ-side etüünil?
7. Nimetage etüüni täieliku põlemise reaktsiooni tingimused ja kirjutage reaktsioonivõrrand.

8. Kolmikside mõiste.

9. Selgitage etüüni liitumisreaktsioonide mehanismi üldisel juhul (võtke liitumisreaktsiooni astuva aine üldvalemiks x_2).

10. Loetlege etüüni füüsikalisi omadusi:

1) .....

2) .....

3) .....

4) .....

11. Missugustel etüüni omadustel põhineb tema kasutamine autogeenkeevitusel?

II Korrelatsiooni maatriksid

1. Korrelatsiooni maatriks
(Nõo Keskkool I variant)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	11
1											
2	-o,1o15										
3	-o,o195	o,o821									
4	o,5615	o,o856	o,1644								
5	o,3778	o,o716	o,26o7	o,6674							
6	o,o27o	o,1424	o,1859	o,4546	o,4955						
7	o,452o	o,1113	o,5399	o,3576	o,4333	o,321o					
8	o,5751	-o,o8o3	o,1818	o,7856	o,6993	o,545o	o,4522				
9	o,6741	o,o975	o,2147	o,6o26	o,5776	o,3817	o,5655	o,6671			
1o	o,52o5	o,o639	o,158o	o,7434	o,8o27	o,5637	o,48o7	o,7838	o,6896		
11	o,3947	o,1464	o,1o42	o,4875	o,7162	o,4797	o,4o25	o,5791	o,52o7	o,6613	

2. Korrelatsiooni maatriks

(Tartu II Keskkool I variant)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	11
1											
2	o,oooo										
3	o,oooo	o,2549									
4	o,oooo	o,o644	o,o331								
5	o,oooo	o,o755	o,oo7o	o,o364							
6	o,oooo	-o,o331	o,o167	o,4472	o,1167						
7	o,oooo	-o,2oo4	o,o997	o,o7o9	o,o283	o,2333					
8	o,oooo	o,2682	o,3642	o,2491	o,28o7	o,44o3	-o,o769				
9	o,oooo	o,2584	o,2379	o,2312	o,1283	o,o796	-o,oo79	o,1889			
1o	o,oooo	o,3o6o	o,3517	o,42o3	o,3o52	o,2316	-o,1131	o,27o8	o,3o7o		
11	o,oooo	-o,1155	o,1194	o,338o	o,o775	o,3595	o,2369	o,o243	-o,2147	o,o31o	

3. Korrelatsiooni maatriks

(Tartu V Keskkool)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	11
1											
2	o,oooo										
3	o,oooo	-o,1736									
4	o,oooo	o,1223	o,1381								
5	o,oooo	-o,o327	o,3794	o,4925							
6	o,oooo	o,25o2	o,5o54	o,31o5	o,3169						
7	o,oooo	-o,197o	o,2476	-o,1232	o,2825	-o,18o5					
8	o,oooo	-o,o589	o,3589	o,1491	o,62o9	-o,o455	o,5117				
9	o,oooo	-o,o6o9	o,o8o8	-o,1561	o,1893	-o,1975	o,2574	o,2691			
1o	o,oooo	-o,1944	o,241o	o,4267	o,7669	o,2425	o,2772	o,58o5	o,2973		
11	o,oooo	-o,225o	o,2462	-o,o5o1	o,5167	o,o4o1	o,5913	o,2999	o,4639	o,4594	

4. Korrelatsiooni maatriks

(I variant)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	11
1											
2	o,o485										
3	o,o581	o,1152									
4	o,3522	o,1o98	o,o819								
5	o,2917	o,o7o4	o,1496	o,4o5o							
6	-o,o1o1	o,o531	-o,o317	o,3899	o,2346						
7	o,2466	-o,19o9	o,3o47	o,1491	o,198o	o,2359					
8	o,4129	o,o3o5	o,2684	o,4314	o,3932	o,383o	o,3845				
9	o,6498	o,1229	o,1o63	o,3752	o,4278	o,1893	o,3352	o,4957			
1o	o,4153	o,o917	o,2o36	o,5222	o,6572	o,3899	o,2576	o,629o	o,567o		
11	o,2839	-o,o281	o,1221	o,2867	o,441o	o,3543	o,4268	o,35o2	o,4178	o,4357	

5. Korrelatsiooni maatriks

(Nõo Keskkool II variant)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	11
1											
2	o,1586										
3	-o,oooo	o,3147									
4	o,2237	o,4273	o,3556								
5	o,3146	o,4469	o,2134	o,5339							
6	o,4579	o,57o8	-o,o133	o,3344	o,33o1						
7	o,3713	o,267o	o,o877	o,4o55	o,3936	o,4912					
8	o,3816	o,4144	o,o735	o,5113	o,3989	o,5715	o,2793				
9	-o,1131	o,3240	-o,o334	-o,1323	-o,1635	o,1899	o,o286	o,o957			
1o	o,4542	o,4988	o,1467	o,4276	o,26o5	o,6o88	o,4121	o,4324	o,1364		
11	o,5o77	o,5264	o,1171	o,4394	o,3524	o,5917	o,414o	o,52o6	o,o61o	o,8116	

6. Korrelatsiooni maatriks

(Tartu II Keskkool II variant)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	11
1											
2	o,3234										
3	-o,2366	o,2184									
4	o,16o1	o,1241	o,oo36								
5	o,1o89	o,2o61	o,1223	o,4343							
6	o,1887	o,3471	o,2549	o,42o7	o,33o7						
7	-o,2186	o,1o79	o,3689	o,2342	o,o232	o,o773					
8	o,1951	o,2148	-o,1426	o,3685	o,2o99	o,364o	o,1357				
9	o,o531	-o,19o5	-o,3o13	o,2o47	-o,o6o7	o,1252	-o,2783	o,271o			
1o	o,2654	o,2983	o,2427	o,5466	o,o417	o,21o7	o,1985	o,23o8	-o,1478		
11	o,1341	o,o376	o,3331	o,2989	o,o775	o,2557	o,3639	o,1219	-o,1565	o,5824	

7. Korrelatsiooni maatriks

(Tartu V Keskkool II variant)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	11
1											
2	-o,582o										
3	o,45o4	o,1539									
4	-o,4492	o,4137	o,o792								
5	o,o3o9	o,o752	o,1255	o,1o88							
6	o,3758	o,1o24	o,3286	o,1425	o,5337						
7	-o,3567	o,7257	-o,1446	-o,o836	o,o431	o,1o88					
8	-o,1356	o,4453	o,4123	o,1o73	-o,1952	o,2114	o,2177				
9	o,8o4o	-o,4235	o,1358	-o,3o62	o,o467	o,1933	-o,2366	o,3476			
1o	-o,o394	o,1278	o,o355	o,o123	o,127o	-o,1919	o,o535	o,4173	o,o515		
11	o,o719	o,3o84	o,34oo	o,577o	-o,1535	o,4o53	-o,oo77	o,6215	-o,o434	o,2155	

8. Korrelatsiooni maatriks

(II variant)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	11
1											
2	o,o855										
3	o,o341	o,1831									
4	o,o883	o,3188	o,1535								
5	o,197o	o,2914	o,1o2o	o,4o71							
6	o,346o	o,4372	o,1356	o,327o	o,3685						
7	o,o254	o,3493	o,o677	o,2o43	o,2o8o	o,2827					
8	o,2329	o,3588	o,1126	o,3841	o,2277	o,4349	o,2653				
9	o,1164	o,o383	-o,o168	o,o977	-o,o325	o,1318	-o,646o	-o,o297			
1o	o,2669	o,3795	o,1421	o,3735	o,16o8	o,3446	o,2611	o,3657	o,o149		
11	o,2721	o,334o	o,22o9	o,3998	o,1717	o,4691	o,3211	o,4161	-o,o32o	o,634o	